جامعة كل المعارف

إشراف : إيف ميشو

ما الحياة؟

الجزء الأول

1016

المشروع القومي للترجمة

المركز الفرنسي للثقافة و التعاون

جامعة كل المعارف

ما الحياة ؟

(الجزء الأول)

المشروع القومى للترجمة
إشراف: **جابر عصفور**

- العدد: ١٠١٦
- جامعة كل المعارف (الجزء الأول)
  ما الحياة؟
- إيف ميشو
- الطبعة الأولى ٢٠٠٦
- الغلاف إهداء من الفنان: فيليب آبلوا Philippe Apeloig

هذه ترجمة الجزء الأول من موسوعة:
Université de tous les Savoirs
Sous la direction
d' Yves MICHAUD

الجزء الأول بعنوان:
Qu'est-ce que la vie?
Volume 1

Éditions ODILE JACOB

تمت ترجمة المقدمة والفصلين الأول والثانى من هذا الكتاب بإشراف ودعم من المركز الثقافى الفرنسى التابع لسفارة فرنسا بدمشق، سوريا. وتمت المراجعة بإشراف قسم الترجمة التابع لسفارة فرنسا بالقاهرة.

تم نشر هذا الكتاب بالاشتراك مع المركز الفرنسى للثقافة والتعاون (قسم الترجمة) التابع لسفارة فرنسا بجمهورية مصر العربية وذلك فى إطار مشروع دعم النشر (طه حسين) التابع لوزارة الشئون الخارجية الفرنسية.

شارع الجبلاية بالأوبرا – الجزيرة – القاهرة ت: ٧٣٥٢٣٩٦ فاكس: ٧٣٥٨٠٨٤
EL Gabalaya st. Opera House, El Gezira, Cairo
TEL: 7352396 Fax: 7358084

المشروع القومى للترجمة

جامعة كل المعارف

ما الحياة ؟

(الجزء الأول)

إشراف
إيف ميشو

CFCC
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
AMBASSADE DE FRANCE EN RÉPUBLIQUE ARABE D'ÉGYPTE
المجلس الأعلى للثقافة

٢٠٠٦

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

جامعة كل المعارف : ما الحياة ؟ / إشراف : ايف ميشو - ط ١
- القاهرة : المجلس الأعلى للثقافة ، ٢٠٠٦ - مج ١ .
٦٥٦ ص ؛ ٢٤ سم - المشروع القومى للترجمة
١ - الإنسانيات - موسوعات
أ - ميشو ، ايف (مشرف)
٠٠١,٣٠٣

رقم الإيداع ٢٠٠٦/٢٣٣٥٧
الترقيم الدولى I.S.BN. 977 - 437 - 114 - 3
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

المحتويات

تصدير

بقلم: جابر عصفور

أمين عام المجلس الأعلى للثقافة

يكتمل اليوم صدور ترجمة الأجزاء الستة الأولى من موسوعة "جامعة كل المعارف"، وبهذه المناسبة أود التأكيد مجددًا على أهمية صدور مثل هذا العمل الثقافى العلمى، وما يسهم به فى سد حاجتنا إلى اكتساب المعرفة العلمية، سواء فى مجال الإنسانيات أو فى مجال العلوم الطبيعية.

وفى هذا السياق، وعلى ضوء أهداف المشروع القومى للترجمة التى تتمثل أساسًا فى تحقيق التوازن بين المعارف الإنسانية فى المجالات العلمية والفنية والإبداعية، فضلا عن بناء ودعم الجسور الثقافية بين مصر والعالم، جاءت ترجمة موسوعة الأجزاء الستة الأولى من "جامعة كل المعارف" فى إطار التعاون مع قسم الترجمة بالمركز الفرنسى للثقافة والتعاون فى مصر.

وقد صدر من ترجمة الموسوعة ثلاثة أجزاء تباعًا، حسب اكتمال عمليات الترجمة والمراجعة لكل جزء، وذلك دون التقيد بترتيب الأجزاء، فكل جزء يتناول موضوعًا قائمًا بذاته، واليوم يتوالى صدور الأجزاء الثلاثة المتبقية.

و"جامعة كل المعارف" موسوعة فرنسية صدر منها ستة أجزاء، يضم كل منها مجموعة محاضرات تدور حول أحد جوانب الإنسان والحياة. وعلى الرغم من تخصص موضوعات الموسوعة، يتناول كل جزء قضايا موضوع تم بحثه بأسلوب شيق يستهدف القارئ غير المتخصص. ونعرض فيما يلى لمحة شديدة الإيجاز عن القضايا التى يتناولها بالبحث كل جزء.

تحت عنوان "ما الحياة"، يتناول الجزء الأول موضوعات حول تعريف الحياة وتطورها، ومراحل التطور الإنسانى الكبرى، ومعارف الذهن البشرى. ويتناول الجزء الثانى بعنوان "ما الإنسانى" الموضوعات المتعلقة بالإنسان، فيتناوله من زوايا اللغة، والقانون، والديموغرافيا، والاقتصاد العالمى، والتغذية، والصحة. وبعد قضايا الإنسان، ينقلنا الجزء الثالث إلى سؤال "ما المجتمع"، حيث يتناول موضوعات حول البيئة والمدينة، والتاريخ، والاقتصاد، والأسرة، والعمل، والاتصالات، والعنف، والدولة.

أما الجزءان الرابع والخامس فيركزان على ميدان العلوم الطبيعية، فيختص الجزء الرابع بالسؤال "ما الكون"؟ بينما يتناول الجزء الخامس السؤال "ما التكنولوجيا"؟ ونطالع عند الحديث عن الكون محاضرات حول النظام الشمسى، والنجوم والمجرات، وكوكب الأرض، والمحيطات والمناخ، والمادة وتنظيمها، وتطور الرياضيات، والتحولات الكيميائية. ويضم سؤال التكنولوجيا محاضرات حول التكنولوجيا الحديثة والتعليم والتدريب، والمعلوماتية، واكتشاف الفضاء، والطاقة، والمواد، والتلوث وعلاجه، ومجتمع المخاطرة والتطرف.

أما الجزء السادس فيتناول سؤال: "ما الثقافة"، ويناقش قضايا العولمة، ومستقبل أوروبا، والفنون والثقافة، والعقيدة، وكل ما يتعلق بروح عصرنا.

وقد تولى إعداد المحاضرات نخبة من كبار العلماء والمتخصصين الفرنسيين فى ميادين العلوم الإنسانية والطبيعية المختلفة، و شارك فى ترجمتها عدد كبير من أساتذة الجامعات المصرية المتخصصين، فضلا عن نخبة ممتازة من المترجمين المحترفين، كما شارك فى ترجمة بعض الأجزاء مترجمون ومتخصصون من سوريا والمغرب العربى.

واليوم ومع صدور الجزء الأول لا يفوتنى أن أتوجه بخالص الشكر إلى الأستاذة دنيا أبو رشيد، مديرة قسم الترجمة بالمركز الفرنسى للثقافة والتعاون التى

نواصل معها العمل، ونأمل فى أن ننجح بالتعاون معها فى ترجمة الأجزاء الجديدة من الموسوعة، التى صدرت مؤخرًا فى فرنسا، وعددها ثلاثة أجزاء، فقد بذلت الأستاذة دنيا أبو رشيد جهودًا كبيرة للخروج بالموسوعة فى أفضل صورة ممكنة، وفى وقت مناسب.

كما أكرر الشكر إلى الفنان فيليب آبلوا الذى قام بتصميم غلاف الطبعة الفرنسية للموسوعة وأهدانا التصميم ذاته ليصدر غلافًا للطبعة العربية.

ولا يفوتنى - فى هذا المقام - أن أعرب عن شكر خاص للأستاذة إيفون جرجس، فى قسم الترجمة بالمركز الفرنسى، وقد بذلت جهودًا مشكورة لمتابعة الترجمة والمترجمين لإنجاز العمل بدقة، وكذلك الأستاذ عزت عامر الذى أعطى الكثير من وقته لتدقيق النص قبل طباعته فى صورته النهائية، وللقائمين على المشروع القومى للترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة على ما بذلوه من جهد فى إنجاز هذا العمل، وأخص بالشكر فريق التصحيح اللغوى الذى أشرف عليه عبد الوهاب الصاوى، وأحمد السيد أبوحمده الذى قام بتنفيذ أعمال الجمع والإعداد الفنى لأجزاء هذه الموسوعة.

ويأتى الآن دور تلك النخبة الممتازة من المترجمين والمراجعين الذين بذلوا جهودًا متفانية للمحافظة على دقة الترجمة وسلامتها وسلاستها كى تصبح يسيرة فى متناول القارئ غير المتخصص، فلهم جميعًا التقدير والعرفان. وبهذا الصدد، أود توجيه شكر خاص إلى الأستاذة الدكتورة زينب الخضيرى التى تولت رئاسة اللجنة العلمية للإشراف على الترجمة، فضلا عن قيامها بترجمة ومراجعة بعض المحاضرات الواردة بها، تحية لها على كل ما بذلته وتبذله من جهود فى هذا الميدان.

وفى النهاية، لا يسعنى إلا أن أؤكد أن هذا الإصدار ثمرة من ثمرات العمل المشترك بين المجلس الأعلى للثقافة والمركز الفرنسى للثقافة والتعاون. وهو عمل مشترك نأمل أن يتواصل فى المستقبل، ويسهم فى إثراء مكتبتنا العربية بمختلف المعارف الفرنسية.

مدخــل

إن هذا الجزء، هو الأول من سلسلة تجمع الدروس الأربعين الأولـــى مـــن "جامعة كل المعارف". وتتناول هذه الدروس مواضيع الحياة. لنشرح فى البداية مـــا جامعة كل المعارف؟ هى حلقة من ٣٦٦ محاضرة، تبدأ فى ١-١-٢٠٠٠ لتنتهـــى فى ٣١-١٢-٢٠٠٠. تُلقى هذه المحاضرات يوميًا فـــى الكونـــسرفتوار الـــوطنى للفنون والمهن، بما فى ذلك أيام السبت والأحد والعطل، وتتناول مواضيع العلـــوم، والتقنيات، المجتمعات، نتاج الفكر والثقافات، وتحدياتها الراهنـــة. وتهـــدف إلـــى استعراض مجالات المعرفة كلها برؤية تعتمد التوجهات والتساؤلات أكثر مـــن أن تكون مجرد حصيلة موسوعية.

يعـــود الفـــضل فـــى الفكـــرة الأولـــى إلـــى جـــان جـــاك أيـــاغون **Jean-Jacques Aillagon**، رئيس لجنة الاحتفال بالعام ٢٠٠٠. وهـــو عنـــدما تقلّـــد مسؤولية هذه اللجنة الحكومية عام ١٩٩٧ ارتأى أن تغيّر القرن والألفية يجـــب أن ينطبع ليس فقط بالاحتفالات لكن أيضا بالتأمل والعلم. ومن هنا أتت فكرة الدروس اليومية التى تقدم لجمهور غير متخصص استعراضًا للمعارف ولتوجهاتها. وفـــى الواقع، فإن كبر المشروع وحتى مظهره المجنون هو ما حمّس كل الذين ســـاهموا فى تحقيقه،.عبر إزاحة أو تخفيف، المخاوف، الاعتراضات الأساسية، كما مـــشاكل التطبيق العملى.

وبعد عدد من الاستشارات، طلب منى جان جاك أياغون أن أقـــدم تـــصورًا مفصّلاً للمشروع وأن أحققه. صحيح أن صعوبات الانطلاق لم تكن عديدة، لكنهـــا كانت كبيرة: كان يجب تقديم محاضرة كل يوم، وذلك من قبل شخصية من المرتبة الأولى فى مضمارها، وبحيث تناقش كل مظاهر العلم. لكن كان يجب تعريف كـــل

ما تبقى بالنسبة لمثل هذا المشروع الذى لا سابق له: ما المكانة التى ستشغلها كل من العلوم، والتقنيات والثقافة؟ هل سيكون الشكل النهائى موسوعة تقليدية، أم مجرد جولة مفتوحة فى الأفق؟ من هم الذين سيطلب منهم إلقاء المحاضرات؟ ولأى جمهور ستوجه؟ وكيف يمكن تحديد مسارها؟ أسئلة عديدة وأخرى عملية كان يجب العثور على الأجوبة المناسبة لها أثناء رسم المشروع. لقد كانت المهمة صعبة، وكنت مرات عديدة على وشك الانسحاب، ليس يائسًا مما جرى بقدر ما كنت متهيبًا من كونى قادرًا على تحقيق هذا المشروع بشكله النهائى. وفقط فى الأشهر الأخيرة من ١٩٩٩، أخذت الأمور منحى سمح بالاعتقاد بأن جهودنا لن تذهب عبثًا، وستؤدى إلى شكل مرضٍ ثقافيًا.

يمكننى الآن أن أتطرق إلى مجموعة من الآراء النظرية والمجرّدة حول العلاقات بين العلوم والمجتمع فى نهاية القرن العشرين. وأفضّل أن أتناولها حسب ما واجهتنى عمليًا.

إن الفكرة التى ترد عفويًا إلى الذهن مباشرة، عندما يجب أن نعرّف برنامجًا مثل جامعة كل المعارف، أو على الأقل الفكرة التى راودتنى فى بداية عملى، هى اللجوء إلى آراء الشخصيات الأكثر تخصصًا فى كل مجال من المجالات، وإلى تكليفهم بمسؤولية برمجة الجزء المتعلق بهم. لكننى اكتشفت بسرعة آسفًا أن الاختصاصين الكبار لا وقت لديهم للمساهمة بمثل تلك البرمجة، بما تتطلبه من اجتماعات، وبيروقراطية وتنظيم، وأنّه بالمقابل الذين لديهم وقت ليسوا بالضرورة الاختصاصيين الأوائل. وفى الحقيقة، فإن فكرة الاختصاصى الكبير، أو الشخصية المتميزة "التى لا يمكن تجاوزها"، أصبحت ذات إشكالية فى حقل من العلوم التى تزداد تعقيدًا وتخصصًا (حتى لا أقول تبعثرًا). إن مجتمع المعرفة موجود حتمًا، وإن كان يأخذ شكل منتدى أو سوق، أكثر منه شكل جماعة. وأصبح تمييز حدوده وقممه أكثر صعوبة. وتضم هذه الجماعة أكثر من أى وقت مضى أسماء كبيرة، لا بل نجومًا أيضا، لكنها توسعت بشدة ونمت، ومجرد محاولة التفكير بتحديد الشخص الممثل لها، هى محاولة خيالية وإن كانت تبدو مطمئنة. وأذكر ما قاله عالم

الاجتماع Anthony Giddens حول الخبرة فى المجتمعات المعاصرة ينطبق هنا تمامًا: إنه تعريف يوجد لدى جميع الخبراء خبرة ما، لكن هناك أيضا تعريفًا متعددًا بالخبراء. مما يحكم علينا أن نعيش فى خليط يصعب تعريفه، وأحيانًا تصعب الحياة فيه، من الثقة بالخبرة ومن الحذر المتوجس من جهة أخرى. وفى الواقع فإن المجتمع العلمى والتقنى يضج بالكفاءات، ويحيا من تنافس المقاربات المختلفة، ويعرف حركية جماعية لا يمكن مقارنتها. لكنه مجتمع ذو حدود متحركة، وبالتالى كان علينا قبل كل شىء محاولة سبره رغم صعوبة هذه المهمة.

من أجل ذلك، وفى المرحلة التحضيرية لجامعة كل المعارف، التى امتدت لأكثر من سنة، قررت أن أقلب مقاربتى الأولية، وأن استجوب بشكل منهجى هذا المجتمع العلمى والتقنى، منظمات البحث والمسئولين عنها، الباحثين والاختصاصيين كل على حدة أيضا، طالبًا من كل منهم، أن يقدم لى بكل عفوية وفوضى اقتراحاتهم حول المواضيع التى يبدو لهم أنه لا غنى عن مناقشتها ضمن هذه "الموسوعة". ولظروف عملية ولأنه يجب التوقف عند مكان ما أثناء البحث، وإلا لذاب فى اللا نهاية فى اللحظة نفسها التى يتخيل فيها أنه حوى كل شىء، فقد اقتصرنا على العالم الناطق بالفرنسية- وهو عالم للأسف يصغر بسرعة. وبالمقابل، بما أن البحث والعلم لم يعودا حكرًا على الأوساط التى كانت مؤسساتيًّا مخصصة لها (وترغب أحيانًا باحتكارها)، وبما أن هناك كفاءات متعددة تعمل فى العالم "غير المؤسساتى أو الحكومى"، سواء أكان ذلك فى الوسط الاقتصادى، أو الشركات أو الإنسانى... فقد وسعنا قدر الإمكان (لأن التعرّف على هؤلاء ليس سهلاً) بحثنا مع الشركات، الجمعيات، والمنظمات غير الحكومية أو الدولية. لأنه ليس مجتمعنا أو بالأحرى مجتمعاتنا تعمل بفضل المعارف العلمية والتقنية المتعددة، ولكنها مخترقة بالعمق وتعبرها هذه المعارف، مهما كانت الآثار المتناقضة من فقدان الثقافة والجهل التى ترافق بشكل شبه آلى هذا التقدم. ولم تكن المفاجأة فى هذا البحث الأولى، اكتشاف بكل معنى الكلمة، غزارة هذه المنظمات، والمعاهد، والمدارس، ومراكز البحث، والمراصد، التى تساهم فى كل مكان، فى

الجامعات كما فى شركات التأمين أو المصارف، فى مراكز البحث العامة كما فى الإدارات العلمية للمجموعات الخاصة، بإنتاج العلم والمهارة.

أحب أن أُضيف هنا ملاحظة للترفيه رغم شكلها. إن هذا البحث الواسع لم يكن ليكون ممكنًا دون وسائل الاتصال العصرية وخاصة الإنترنت: قليل جدا من الأشخاص ما زالوا يقرأون الرسائل والملفات والطلبات، التى قليلاً ما تختلف عن الدعايات والتعاميم؛ أما الفاكس بقدرته على الوصول فورًا فهو يجذب اهتمامًا أكثر بقليل على الأقل آنيًا- لكن الطريق المثلى للوصول إلى الاختصاصيين هى البريد الإلكترونى، نظرًا لسرعة وعفوية التبادلات التى يسمح بها.

ومن الواضح أن هناك حدودًا لمثل هذا التحقيق التمهيدى، كما أن له طرقه الخاصة- والمنهج التجريبى ليس بالضرورة موقفًا ساذجًا-. ومن ضمن الشخصيات والمنظمات التى تم سؤالها، هناك من لم يجب أبدًا، وهناك من أجاب باقتضاب (أحيانًا مستعملين تعابير تثير الدهشة مثل: "نحن لا علاقة لنا بالموضوع" أو "إننا غير ذى كفء فى هذا الموضوع") أو بأجوبة عادية أخرى. وهناك من يمارس داخل العلم سياسة مجموعات الضغط. لكن من حسن الحظ هناك الكثيرين الآخرين الذين زودونا بكل بسخاء باقتراحاتهم وآرائهم. ورويدًا رويدًا استطعنا أن نجمع حوالى ١٧٠٠ موضوع للمحاضرات، نصفها تقريبًا متعلق بالعلوم والتقنيات، والنصف الآخر وبالتساوى بالعلوم الإنسانية والنشاط الاجتماعى والاقتصادى. عند هذه المرحلة من مسارنا، يمكن إذن القول إن الاختيار البدئى للمسائل التى ستناقش كان يعكس واقع المجتمع العلمى والتقنى ذاته، مع كل خلافاته وطبقيته وانقساماته، لكن أيضا مع تقاربه واتفاقاته، التى وإن كانت صامتة وأقل صخبًا من الخلافات إلاّ أنها ليست أقل أهمية. يكثر الحديث بين الفلاسفة عن التفاعل التواصلى: وقد حاولنا تطبيقه دون أن يغيب عن بالنا أن نجاح الاتصال والتوافق يمر حتمًا أيضا بحالات من الفشل والتشوه والتكرار وسوء الفهم.

وعندما انتهينا من جمع هذه المواضيع الـ ١٧٠٠، بدأنا عملية الفرز. وهنا تدخلت لجان مصغرة من الاختصاصيين وضعت تشكيلها كملحق لهذا النص. وكانت مهمتهم الاختيار والحذف. وبمساعدتهم وعبر بعض اللقاءات السريعة تم إنقاص مجموعة المواضيع حتى أصبحت تتوافق تقريبًا مع مدة البرنامج. فى هذه المرحلة كانت القرارات الحاسمة ضرورية.

لقد تم تجميع بعض المواضيع مع بعضها، وبعضها الآخر كان يتكرر أو يتقاطع تحت صياغات مختلفة؛ وبعضها الآخر كان تعليميًّا أكثر من اللازم، بمعنى أنها كانت مثل دروس توجيهية أو مدخل لمواد أكثر منها تساؤلات. أما بعضها الآخر فقد كان تقنيًّا تخصصيًّا جدا وكأنها موجّهة فقط إلى جمهور من الاختصاصيين؛ وعلى العكس من ذلك كان البعض الآخر الذى تطرق للموضوع بشكل واسع وكأنه لنشر العلوم دون هدف. وبمعنى آخر لقد حددنا لأنفسنا بعض المعايير التى ساهمت بإضفاء الشكل الحالى على "جامعة كل المعارف".

هناك عدد كبير من الموسوعات والمراجع، ولم يكن هدفى إضافة واحد جديد عليها. كما أن تطور الإنترنت يضيف كل يوم شيئًا جديدًا على هذه الثروة، مخترقًا بذلك مفهوم الموسوعة وما كانت تمثله من خصوصية، وغالبًا مطبوعة باسم شخص معيّن. كما أنه يوجد الكثير من مؤسسات التعليم والتأهيل. ولم يكن هدفى أيضا، رغم عنوان المشروع، إضافة جامعة للتى هى قائمة حتى الآن. لم يكن الهدف بالتالى إلاّ المساهمة فى التفكير القائم على قاعدة تقديم معلومات تذكر ما نعرفه وما لا نعرفه أيضا، وأحيانًا ماذا نأمل أن نعرف. والذين يعرفون Kant سيتعرفون على صدى لجزء من برنامجه. لقد حاولنا إذن حذف كل المواضيع الأكاديمية والتربوية المشابهة لأسئلة مدرسية بسيطة، وكذلك المواضيع الموجهة إلى اختصاصيين حصرًا. كما رفضنا فكرة التعميم العلمى والتقنى **Vulgarisation**. طبعًا هناك معنى راق لمفهوم التعميم الذى يوضح بشكل أفضل بالتعبير الإنجليزى "جعله شعبيًّا" **Popularization** ، لكنه يفتقد للبعد النهائى وللالتزام الذى سيكسبه القوة. وأخيرًا لماذا يجب أن ينشر العلم بين الجميع؟ هل الهدف هو أن يشعر

العلماء أنهم أقل عزلة؟ أم لكى يحصلوا بسهولة أكثر على التمويل اللازم للأبحاث والمنح للحصول على درجة بعد الدكتوراه؟ هل الهدف تحريض على انضمام باحثين جدد؟ أم لزيادة الميزانية المخصصة للبحوث والتطوير من قبل الحكومات؟ هل الهدف هو أن يشعر الجمهور نفسه بأنه أقل غباء؟ أم أن هذا جزء من الثقافة؟ أسئلة كثيرة لا يجيب عليها مفهوم التعميم العلمى الآن، خاصة أن زمن تكريس العالم كما كانت الحال فى القرن ١٩ قد ولّى ومضى. كما أن الأسماء الأسطورية مثل باستور أو مارى كورى تحولت إلى صور للأطفال.

لكن بالمقابل هناك أسباب وجيهة جدا للبحث وجمع المعلومات من العلوم والتقنيات. لأن تأثيرها فى ازدياد مستمر على حياتنا وتطورنا، ولأنها تسيرّ التغيرات التقنية ولأنها تحرّك الاقتصاد. ولأنها تسمح بالتداخل بشكل لا سابق له فى أنفسنا وفى بيئتنا. ولأنه لا يوجد سبب ليبقى تطور العلوم والتقنيات المحمى جدا فى عالم الاختصاصين، بمنأى عن الاستجواب ويتهرب من تساؤلاتنا ومن القوى الضابطة للمجتمع بالمعنى الأعم. وإذا كانت العلوم سابقًا قد اضطرت إلى كسب استقلالها الذاتى ضد التقليديين وضغوط السلطات، فإنها اليوم فى قلب النظام الاجتماعى ولم يعد لديها الاحتياجات ذاتها بالنسبة للاستقلال ولا للحجج ذاتها للدفاع دون قيد أو شرط عن استقلالها. ومن أجل هذه الأسباب كلها، تجذّر خيارى فى أن أطلب من اختصاصيين من المرتبة الأولى أن يقدموا كل مرة لجمهور غير متخصص لكنه حريص أن يكوّن رأيًا، واقع المعارف بهدف الاستجواب والمناقشة وطرح الأسئلة.

إن الرهان الأول لجامعة كل المعارف كان تقديم هذا الطلب للاختصاصيين للتوجه إلى جمهور غير متخصص لكن منتبه، ليس بهدف أن يتعلم شيئًا ما، بل ليتمكن من تكوين فكرة عن ماذا يجرى فى مجالات العلوم وعن الأسئلة التى تطرحها ليصبح قادرًا على التفكير وهو ملم بكافة جوانب الموضوع المختلفة. وكان من الضرورى لتحقيق ذلك أن يفسح المجال الكافى لهذه الشخصيات كى تعرض موضوعها، وأن يهرب الجميع، الجمهور كما المحاضرون، من ديكتاتورية

النقاش وتبادل الآراء السريع. من هنا تم اختيار صيغة المحاضرة الشاملة التي يتبعها أسئلة مكمّلة. كما أنه كان من الضرورى اتباع مقاربات مختلفة وأحيانًا متضاربة وأحيانًا متعاكسة لتقدم إضاءات مختلفة على موضوع معيّن. ومن هنا كان اختيارى بجمع هذه الدروس على شكل وحدات موضوعية تغطى مجموعة من المواضيع دون إغلاق المقاربة ودون جعلها دوغمائية. بعد ذلك سيبقى للمستمعين (والقرّاء الآن) أن يشكلوا تأملاتهم وأفكارهم انطلاقًا من كل درس لكن أيضا من العلاقات التفاعلية بين الدروس مع بعضها.

وعندما اكتمل اختيار المواضيع، بدأنا ببناء سيناريو والبحث عن خيط واصل بين مجموعة الدروس هذه. وهذا يطرح سؤالاً شهيرًا حول "ترتيب" العرض.

لأنه وإن كان حقل العلم لم يعد منظمًا حسب الصلابة المنتصرة والخادعة لتصانيف القرن ١٩، وحتى لو كان بعض المثقفين ذو المزاج المرح ينصحون (ويمارسون أحيانًا دون حرج) مزايا الفوضى، فإن ذلك كان ليعطى صورة كاذبة وضحلة عن العلم، إذا قُدّم وكأنّه إخراج لطيف له من علبته، والذى سيكون أشبه باستعراض مثقف أدبى مجنون مثل **Queneau** فى أولاد الطين. لذا كان يجب إيجاد نظام. والصعوبة تكمن فى أن هذا النظام يجب أن يستجيب لعدة ضغوطات من طبيعة ومستويات مختلفة.

يتبع القاموس عادة ترتيبًا أبجديًا أو مصطلحيًا: ومن السهل معرفة كيفية البحث عن مادة معينة. وللكتاب مخطط مقروء، كل باب على حده فى الفهرست، الذى يتفاوت فى درجة تحليله، وفى تسلسل الكتاب الذى يتطلب وقتًا لاستعراضه يختلف حسب سرعة القارئ، اهتمامه أو بكل بساطة مهارته. وفى الوقت ذاته فلقد اعتدنا جميعًا بسرعة ودون أن نعى ذلك على روابط الكتابة الإلكترونية "الفائقة النصية" بتحويلاتها وتصالباتها المتعددة التى تسمح بها. وهذه المشاركات السريعة والمرنة من مستوى لآخر، وهذه القفزات من موضوع لآخر دون روابط قوية،

تؤدى إلى أن ينشأ من ذلك نظام أو بالأحرى أنظمة دائمة التشكل والزوال وإعادة التشكل ومتعلقة بالتواجد الافتراضى لكل العناصر. إن ترتيب مجموعة من الدروس تقدم خلال عام كامل، مختلف أيضا. فمن جهة هناك زمنية ثابتة ودورية، مع تقاربات مباشرة وقوية ضمن مجموعة من الدروس المرتبطة ببعضها حسب الموضوع، والبعض الآخر سيصبح لا محالة متوسعًا، بل متقبًا حسب الفواصل الزمنية بين الدروس. هذه الفواصل التى تتغير حسب الحضور الاتفاقى للمحاضرات، وحسب ضعف الذاكرة والتباعد. يوجد هنا عامل ضاغط يبدو ظاهريا وكأنه عفوى، لكن تنجم عنه نتائج فكرية مهمة. خلال دورة من المحاضرات فإن الروابط الفائقة النصية ذات المظهر السحرى والسابح وأيضا العفوى، تجد نفسها مثبّتة، متقلة نوعًا ما بعلاقتها بإيقاع واقعى وهو إيقاع الدروس التى تتالى يوميًّا. إن ما للتقديم الكتابى من صرامة، يصبح أقل رسوخًا، وإن ما للتقديم الفوق نصى من حركية وسيولة مفرطتين، يجد له هنا تنظيمًا وترتيبًا. ومن هذه الضغوطات غير المتجانسة والتى كانت مصدرًا للتعقيد، حاولت أن أجد نظامًا يكون فى الوقت ذاته ديناميكيًّا وثابتًا.

وككل نظام، فإن النظام الذى اتبعناه فرض نفسه عبر إلغاء الأنظمة الأخرى.

فلقد رفضت برمجة كانت ستستعيد نظام البنى الموسوعية من القرن ١٩، والتى كانت ستنتقل من الرياضيات إلى المؤسسات الإنسانية وإلى الوجود الواقعى متبعة نظامًا إيجابيًّا على طريقة أوغست كونت. وطبعًا رفضت أيضا نظامًا "حسب المواد" الذى يتطابق مع التقسيمات المهنية للمنظمات الفكرية. من المؤكد ليست هذه هى الحال دائمًا. فبقى هناك مجموعة من دروس التاريخ لكن الدرس الذى يطرح *مسألة التاريخ كعلم إنسانى يتدخل فى موضع آخر*، وهناك *مواضيع تاريخية أخرى* تتم معالجتها ضمن سياق توصيف حالة العالم. وهذا الحذر تجاه التصانيف الأكاديمية دفعنى إلى الحذر من ناحية أكاديمية أخرى، وهى أن المستجدات الفكرية فى يومنا هذا يتم تناولها عبر وسائل الأعلام بشكل متسارع وسطحى كمواضيع

متعددة يتم تقديمها عدة مرات ثم توضع على الرف، مثل العولمة، والعضويات المعدلة وراثيًا، الاستنساخ، التنمية المستدامة، الدفاع عن التنوع الحيوى، الاستثناء، العنف فى المدن، مخاطر الإنترنت بالنسبة للاتصالات،... إلخ. إن الحساسية تجاه هذه المواضيع تعكس اهتمامات الأفراد بالإضافة إلى قضايا عميقة وأساسية. خيارى كان إذن مقاربة هذه المواضيع بشكل دقيق ما أمكن لتجنب عدم الوضوح المرافق لـ "قضايا الساعة" أو المواضيع الدارجة. لذا تم التعرض لمشاكل الاستنساخ عبر عدة دروس تناقش علم الوراثة والأخلاقيات. كذلك الأمر بالنسبة للأسئلة التى تثيرها العضويات المعدلة وراثيًا التى تمت مقاربتها فى التكوين، والتنوع الحيوى والتطور. أما الاستثناء فتمت مقاربته انطلاقًا من الرابط الاجتماعى والعمل التشاركى وآليات التضامن. وتمت مناقشة مواضيع الإنترنت على الأقل فى ستة دروس تناولت جوانب متعددة جدا تقنية قانونية وأخلاقية. وكلما أمكن ذلك، فضلت مقاربات عَرْضية تتناول أشياء (بما فيها الأشياء المعاد تشكيلها أو المبنية) مثل الأراضى، المدينة، الدولة، السكان، المعالجات، إنتاج الثروة... إلخ. وهذه الأشياء تكون موضوعًا لسلسلة من الدروس تحاول إضاءة جوانبها المختلفة انطلاقًا من مقاربات تتبع لتخصصات مختلفة. وقد يبدو ذلك غريبًا للوهلة الأولى. ولهذا السبب خاب أمل بعض الحقوقيين لأنهم لم يجدوا سلسلة مهيبة من دروس القانون تذكرهم "بكلياتهم" العزيزة عليهم المنغلقة دائمًا على ذاتها، إذ أننا لا نجد إلاّ ثلاثة دروس محققة لرؤيتهم، لكنهم لم يروا أو لم يريدوا أن يروا، إلاّ مواضيع كثيرة ومتعددة، والكثير منها يصبح بين حين وآخر مجال مقاربة قضائية (المعالجات، الأسرة، الدولة، الاتصالات الإلكترونية، البيئة والمخاطر...). والحال ذاتها بالنسبة لرابطة الفلاسفة التى شعرت بنفسها مهمّشة، لأنّه لم يفسح المجال لها أن تتعرف على ذاتها فى مواقعها التقليدية. علمًا بأن هناك عددًا من المقاربات التفكيرية حول مواضيع واقعية تمت إلى الفلسفة بشكل قوى.

وأخيرًا حتى لا نبقى على الوهم القائل أن هذه المعرفة القادرة لها قوة الدوغما، حاولت أن أوجد استراحات للتفكير النقدى لمناقشة شروط إمكانيات

المقاربات العلمية، لما اتفق على تسميته الإبستمولوجيا الخاصة بها، ونتائج التقنيات الأخلاقية والاجتماعية. وهذا حال الدروس الأربعين الأولى حول الحياة حيث بعد أربعة عشر محاضرة مخصصة عن الحياة وتنوعها، تم تخصيص تسع محاضرات لدراسة العلم، العقلانية ، الخبرة، التقنيات وأخلاقيات المسيرة العلمية والتقنية. وبعد الانتهاء من هذه الاستراحة المخصصة للتفكير، يمكن التطرق إلى قضايا الوراثة والعلوم العصبية بشكل أقل بساطة. وسيلاحظ القارىء أن الدروس ذاتها تؤكد بشكل واضح هذه المقاربة النقدية: إذ يتم التأكيد فيها من قبل جميع المحاضرين تقريبًا على قوة المعرفة العلمية ومواردها الكبيرة. لكن الوعى بحدود هذه المعرفة واضح وجلى أيضا. يمكننا أن نقول إننا نعلن عن الوصول إلى حالة يمكن أن نصفها بأنها إيجابية متفكرة تعرّف بذاتها حدودها الخاصة. لم نعد كالسابق ضحايا ضياع درامى وسط معارف مفككة، بل أكثر وعيًا للطبيعة المحدودة لتوجهنا، وأكثر تواضعًا فى تبجحنا بامتلاك علم لم يكن يومًا أقوى مما هو عليه الآن.

وإذا اعتبرنا الآن التنظيم العام لمجموع هذه الدروس، ليس تحت زاوية المبادئ، بل كرواية تجرى على طول السنة، فإنى ارتأيت عن قصد أن تظهر هذه الرواية علاقة المعرفة بأهداف محددة بوضوح.

لقد ظهر لى أن البدء بموضوع الحياة يفرض نفسه. ونحن كأحياء لدينا خاصية البحث (مع النجاح أحيانًا) لمعرفة ذواتنا، وخاصة فى البحث عن ما الذى يجعلنا كائنات حيّة. لقد بدأت الحياة فى مشروع معرفة ذاتها، كما أكّد على ذلك قبلى وبشكل أفضل جورج كانغيلهم **Georges Canguilhem**. ومن جهة أخرى رأت السنوات الأخيرة ، التطور المدهش ونجاحات علوم الحياة، مع ما يترتب على ذلك من نتائج عظيمة بالنسبة للتطور السكانى فى القرن العشرين وبالنسبة لكل ما دعاه ميشيل فوكو ***Michel Foucault*** السياسات الحيوية والسلطات الحيوية، وعاد بظهور ذلك إلى نهاية القرن ١٨. إن دروس "جامعة كل المعارف" تبدأ إذن بالحياة، بشكل عام فى تنوعها، لتصل بالتدريج نحو التعرف على الإنسان فى وسط هذا التنوع، وما هى مناطق القرابة وأيضا التمييز بالنسبة لباقى الحيوانات (اللغة والمعايير

القضائية)، ثم نحو معرفة السكان (مقاربات سكانية – ديموغرافية)، وماذا يجعلها تتغير وتتبدل (التغذية من جهة والوسائل الصحية من جهة أخرى). ثم، وفقط بعد ذلك، سيتم التطرق إلى علوم الإنسان ومواضيعها: الأراضى، المدينة، التاريخ، الثروة، المجتمع، العمل، الشركات، الأمم والدول. هذه المجموعة ستشغل الأجزاء الثلاثة الأولى المطبوعة من جامعة كل المعارف.

وبعد الانتهاء من هذا المسار، نقترح العودة إلى العلوم التى تُدعى الصحيحة، باستثناء علوم الحياة التى تمت مناقشتها، المعارف الرياضية، معرفة الكون، والكرة الأرضية، والمادة. وهكذا هناك جامعة علمية، تم اقحامها فى قلب مسار جامعة كل المعارف. وحتى نكون صادقين، فإن أسباب هذا الخيار ليست نظرية فقط. إذ كان يجب أن نقدم للجمهور خلال صيف ٢٠٠٠ مواضيع يسهل التعرف عليها ودون ملاحظات درامية حولها، فى زمن يدعو للاسترخاء وللفضول أكثر من الهم. فى الواقع هذه أسباب مرتبطة بالموسم قبل كل شىء. لكن لها مزايا لا يمكن الاستهانة بها. فهى تسمح قبل كل شىء بالخروج عن الفكرة المألوفة القائلة بتراتبية معينة فى العلوم، حيث يحافظ علم الفلك على أولويته الإغريقية. كما تسمح أيضا بإيضاح المزيج الرائع من التقنية، الأدوات، الحساب والنظرية الصرفة، التى تميز المقاربات فى مجال علوم المادة. وتبرهن هذه على براعة تقنية، حاسوبية، مقلّدة، ونظرية تؤمن النجاح فى مجال الفيزياء الفلكية كما فى فيزياء المادة. وتبدو العلوم الصحيحة، وهى معزولة، فى كامل غرابتها التقنية والتجريبية وليس فقط كأساس لكل ما يأتى ... من بعدها.

والمرحلة الثالثة الكبيرة مخصصة للتقنية: التقنيات، الاتصالات، النقل (بما فى ذلك نقل المعارف)، التلوث، المخاطر، المواد الجديدة، وذلك ضمن رؤية أُريد لها أن تكون موجهة نحو المستقبل القريب، بكل تحدياته وشكوكه. مما يوصل فى النهاية إلى الوضع الراهن السياسى، الاقتصادى والثقافى للكوكب فى عصر عولمته.

ومرة أخرى، فإن مجموع هذه الدروس لا يشكل موسوعة تدعى الشمولية، بل مقاربة للعلوم والتقنيات والممارسات الموجهة للمواضيع والأسئلة التى تهمنا نحن البشر جميعًا فى نهاية القرن ٢٠ وبداية القرن ٢١. وأيضا فإن النقد والتفكير يجب أن ينشآن من التقاء هذه المقاربات، ومن جدليتها، بما فى ذلك تناقضاتها. ومن جهة أخرى فإن الكلام عن التساؤلات والإسقاط يجب أن لا يدعنا نفكر أننا نتوقع مستقبلاً من الخيال عبر أسئلة سخيفة مثل: "كيف سنسافر بعد ١٠٠ سنة؟"، "هل سنعيش حتى عمر ١٢٠ سنة؟"، "هل سنرى صدامًا للحضارات؟"،... إلخ. تم استبدال الحرص على الشمولية بالحرص على الدقة. والإسقاط على المستقبل يتم السيطرة عليه بمبادئ وثيقة الصلة بالموضوع. وإذا كان هذا النوع من الاهتمامات التى تمت مقاربتها هنا، لن تبدو غريبة، أو سخيفة فى نهاية العقد الأول من القرن ٢١ فإننى أعتبر نفسى كسبت أحد رهانات "جامعة كل المعارف".

ومن الواضح منذ الآن، أن بعض المواضيع والمواد تم نسيانها أو لم يتم تغطيتها بشكل كاف. فالمواضيع العسكرية مثلاً، وعلى الرغم من الدروس الثلاثة أو الأربعة التى تقاربها، لم تتم معالجتها بشكل كاف، ربما لأننا نشمئز من رؤية مدى وزنها وتأثيرها فى التطورات العلمية والتقنية وفى السياسات المالية والدبلوماسية. والأمر ذاته بالنسبة للمسائل التى تطرحها النظم الجزائية، فلم تتم مقاربتها، وبشكل خاص المكانة شبه الوحيدة التى تشغلها عقوبة السجن. وهناك هفوات أخرى سيشير إليها من كل بد مستمعين أو قرّاء متطلبين.

وعلى هذا أرد بشيئين. نحن من جهة سنحاول أن نصلح ذلك خلال برمجة الدروس الأخيرة من جامعة كل المعارف، والتى تركت فارغة حتى الآن لتسمح بمثل هذه التصحيحات والإضافات. ومن جهة أخرى، فإن جزءًا من مفهوم جامعة كل المعارف هو أن مسارها يجب أن يتم بشكل منتظم تكميله ويعاد تعريفه انطلاقًا من الأسئلة الجديدة التى يتم طرحها. يمكننا أن نتخيل إذن أن المغامرة ستستمر ليس

لمتعة البقاء طويلاً، لكن للأخذ بعين الاعتبار بالتوجهات الجديدة والمنعطفات ســواء أكان ذلك بالنسبة للعلوم أو بالنسبة للأفكار - لكن هذا الآن، كما يقال، قصة أخرى.

إيف ميشو Yves Michaud

الأول من أيار ٢٠٠٠

المقدمة

لقد بدأت "جامعة كل المعارف" كحدث، وأصبحت واقعًا مجتمعيًّا.

كيف يمكن فى ٣٦٦ يومًا أن نجول فى أفق المعرفة البشرية؟ كيف يمكن أن نقارب، وبكل هدوء، ما نعرفه - وهو بازدياد مستمر - وأيضا الأسئلة التى نطرحها على أنفسنا وبشكل خاص الأسئلة التى سوف نطرحها فى السنوات القادمة؟ باختصار كيف وفى مطلع القرن ٢١ نستطيع أن نغتنم وهلة للتفكير دون أن ننكفئ على الماضى؟.

لقد طلبت من **Yves Michaud** أن يتكفل بتصميم وبرمجة جامعة كل المعارف هذه. واستطاع أن يستعيد روح القرن ١٨ من وجهة نظر نقدية وديمقراطية. واستطاع باستشارة العاملين فى المجال الثقافى، والعلمى، والمهنى الفرنسى، أن يجعل من هذه التظاهرة انعكاسًا للعلوم وهى تتشكل، كما تناقش، وكما تطبَّق اليوم فى المخابر والمعامل. وبمساعدة فريقه، اقترح برنامجًا كاملاً ومرنًا، لكن يخلّف لدينا حسرة واحدة، وهى أننا لا نستطيع حضور كل المحاضرات.

ومما ساهم فى نجاح "جامعة كل المعارف"، أنها تسمح للمحاضرين أن يحددوا واقع موضوعٍ ما بكل هدوء، وتحديد التحديات الراهنة والمستقبلية فاتحين بذلك المجال لمناقشة مستنيرة. ومما يدهش أن نرى كيف أصبحت "جامعة كل المعارف" مكانًا للحوار والنقاش بين الجمهور والمحاضرين، بين المحاضرين مع بعضهم عبر محاضراتهم، وبين المستمعين مع بعضهم. وأن نرى كيف يستمر النقاش خارج قاعة المحاضرات، فى المترو أو على الإنترنت. ونشر هذه النصوص سيسمح بمتابعة وتفعيل هذه النقاشات.

وإضافة لذلك يمكن أن نذكر نجاحًا آخر لجامعة كل المعارف، وهو قدرتها

على التكيف مع كل وسائط الإعلام القديمة كما الحديثة. والمحاضرات التى أُلقيت فى الكونسرفتوار الوطنى للفنون والمهن، تم نقلها إلى كل الأراضى الفرنسية، وفى الدول الناطقة بالفرنسية أيضا، بواسطة حِوارات مع المحاضرين، وإعادة بث المحاضرات كاملةً، بالتلفزيون أو الإنترنت، وبنشر مقتطفات طويلة من المحاضرات فى الصحافة المكتوبة. وبالتالى حظيت هذه التظاهرة بإشعاع تجاوز الحدود الوطنية ليصبح عالميًّا. وأصبحت هناك رسائل وبريد يرد إلى أعضاء فريق "جامعة كل المعارف" من البرازيل، والولايات المتحدة الأميركية، واليابان، وكندا،... إلخ. والمحاضرون الأجانب الذين تمت دعوتهم لإلقاء محاضرة فى الجامعة، عندما يلتقون فى نيويورك... يذكرون مشاركتهم فى "جامعة كل المعارف".

إن نشر كل هذه الدروس يشكل مرحلة رئيسية من مراحل وضع المعرفة بتصرف الجميع. ويسعدنى أن يتم ذلك بسرعة وأنا واثق من نجاحها، خاصة أن كثيرين من الذين لم تتوفر لهم إمكانية حضور الدروس، ينتظرون صدورها بفارغ الصبر، ويرغبون فى الاستفادة من كم المعلومات هذا، وهناك أيضا الذين حضروا المحاضرات، ويرغبون فى الاحتفاظ بأثر، أو ذكرى منها، أو أن يغرقوا من جديد فى التفكير بهذه المواضيع. وبفضل هذا النشر، ستكون آخر موسوعة فى القرن العشرين هى أيضا الأولى فى القرن الواحد والعشرين.

وهذا الكتاب الذى يشكل أساسًا غنيًّا جدا للتفكير، ليس هو النهاية. لقد ولد حراك يجمع الثقافة، والمتعة والتأهيل. ومتعة التعلم بحاجة إلى متابعة.

جان جاك أياغون

رئيس لجنة الاحتفال بعام ٢٠٠٠

ملاحظات على النص والترجمة

١- هذه المحاضرات أُلقيت، وليست نصوصًا كُتبت لتُنشر. وبالتالى فإن تقطيع الجمل وتكرار بعضها عائد لشروط الإلقاء وجذب انتباه المستمع. ولقد حافظت على الصيغ الإلقائية القصيرة كونها بقيت على حالها فى النص الأصلى الفرنسى المنشور.

٢- تطرح الترجمة العلمية قضايا شائكة، بصرف النظر عن أن بعض الكلمات لم تعرّب حتى الآن. فإن المرجع المعتمد هو المعجم الطبى الموحد، الطبعة الرابعة ١٩٨٤، الذى نشر بإشراف مجلس وزراء الصحة العرب ومنظمة الصحة العالمية واتحاد الأطباء العرب والمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم. وللأسف الشديد فإن بعض الكلمات والتعابير تبدو غريبة ومستهجنة، ومعظمها غير مستعمل، أو على الأقل لم يمر علىّ فى جامعة دمشق. لذا لجأت بالنسبة لبعض الكلمات إلى استعمال الكلمة الشائعة المستعملة والكلمة المعتمدة رسميًّا والكلمة المعرّبة بالإضافة إلى وضع الأصل الأجنبى تجنبًا للالتباس وتسهيلاً للفهم.

لا أعتقد أننا نفيد العربية أو الكتابة العلمية العربية باستعمال غريب الألفاظ والكلمات النادرة المستقاة من التاريخ القديم. سلاسة اللغة وشيوع ألفاظها تقرّبها من الفهم وتجعلها أليفة على الأذن. وإذا كنا نسعى إلى إغناء المكتبة العربية ونشر لغتنا كحامل للعلوم والمعارف وجب تقريب اللفظ من الشائع المفهوم والابتعاد عن الغريب النادر القديم.

٣- هناك مصطلحات شائعة فى لغات العلوم، سواء أكانت حيوية أو لها علاقة بالحواسب والإلكترونيات. واستعمال مصطلحات جديدة منحوتة ولكن مجهولة لن يؤدى النتيجة. فنحن فى نهاية المطاف نسعى إلى نشر المعرفة

وإلى إيصالها إلى أوسع شريحة لتعم الفائدة ولنساهم في رفع المستوى العلمي. واستعمال مصطلحات نادرة سيؤدي إلى أن رسالتنا ستبقى محصورة في شريحة ضيقة فلا تؤدي المرجو منها. لسنا هنا بصدد استنباط كلمات جديدة وليست مهمتنا هي ترسيخ تعابير معينة. أرى أن الهدف من نشر جامعة العلوم باللغة العربية هو تعميم المعارف والعلوم بلغة قريبة وتعابير يسيرة لتكون سهلة التناول، محببة في القراءة والاستثارة في المواضيع التي تطرحها. وهذه هي الأسباب التي كانت وراء وضع فكرة جامعة كل المعارف موضع التطبيق.

المترجم

الباب الأول

ما الحياة؟

ما الحياة ؟[1]

بقلم: فرانسوا جاكوب

François JACOB

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

من أجل افتتاح عام الـــ ٢٠٠٠ بجلاله ووقاره، والذى لا يعنى شيئًا إلا تحية لمجد الأصفار، طُلب منى أن أجيب على السؤال التالى: ما الحياة؟ ويبدو لى هــذا السؤال مناسبًا خاصة أنه لا جواب له. ومنذ أن وُجد بشر وبدأوا يفكــرون، لا بــد أنهم طرحوا على أنفسهم هذا السؤال. ويتعلم كل فرد بسرعة، أن قدره عــاجلاً أم آجلاً هو الموت. وكل فرد رأى حيوانات أو أناس ميتين. والجميع يعلم أن الحيــاة هى حالة زائلة. كما أن كل فرد يود أن يعلم ما هى مكوناته. وللأسف فإنــه مــن الصعوبة بمكان، لا بل من المُحال، تعريف الحياة. إنها مثل الزمن، كل فرد لديــه فكرة حسية عن ماهية الزمن. لكن من النادر أن يفلح فى تعريفه. لكــن إذا كــان الجميع يذكر الحياة حسب علاقتها مع الموت، فإن القليلين هم الذين يتكلمون عنهــا حسب علاقتها مع الجماد، الجبال والصخور والرمل والماء،... إلخ.

وفى الواقع، فإن التقسيم بين الحى وغير الحى حديث نــسبيًّا فــى العلــوم. وحتى نهاية القرن الثامن عشر، كانوا يدرسون الحيوانات والنباتات. كانوا يقارنون بين أشكالها، ويصنفونها، وكان هذا هو التاريخ الطبيعى. لكن فقط فى بداية القــرن التاسع عشر اهتم عدة مؤلفين، منهم لامارك (Lamarck)، بخــصائص الكائنــات الحية مقابل الأشياء الجامدة وتم استعمال تعبير علم الأحياء. وإنه مثير للاهتمام أن

---

(١) نص المحاضرة رقم ١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١ يناير ٢٠٠٠.

نذكر أن ظهور علم الأحياء تزامن مع ظهور الرومانسية. وبُدئ التكلم عن الحى عند حدوث أول انتحار فى الأدب: (الشاب Werther).

لقد حاول العلماء والفلاسفة طويلاً كشف سر الحياة. ففكرة الحياة كانت توحى بوجود مادة معينة، أو قوة ذات طبيعة خاصة. وكان التفكير السائد بأن "المادة الحية" كما كان يقال عنها، تختلف عن المادة العادية بوجود مادة أو قوة تعطيها خواصًا متميزة. وبحث الجميع خلال قرون عديدة، عن هذه المادة أو القوة الحيوية. لكن فى الحقيقة، الحياة آلية مستمرة، وعملية تعضى للمادة. وهى غير موجودة ككيان مستقل يمكن توصيفه. وبالتالى يمكن دراسة الآلية أو التعضّى، لكن ليس الفكرة المجردة للحياة.

يمكن أن نحاول وصف، كما يمكن أن نحاول تعريف ماهية العضوية الحية. ويمكن أن نبحث عن تحديد للخط الفاصل بين الحى وغير الحى. لكن لا يوجد "مادة حية". يوجد فقط مادة تشكل الكائنات الحية وليس لهذه المادة مواصفات خاصة لا تملكها المادة المشكلة للجماد.

وإذا استمر المبدأ الحيوى vitalisme طويلاً، وإذا حتى فى بدايات القرن العشرين، كان ما زال هناك الكثير من العلماء الحيويين الذين يدعون وجود قوة سرية تحّرك الكائنات الحية، فمردّ ذلك بكل وضوح أن النظريات المعاكسة لم تكن كافية لمواجهتهم. فالذين كانوا يرون أن الكائنات الحية ليست أساسًا من طبيعة مختلفة عن المادة الجامدة، كانوا يعتقدون، كما ديكارت Descartes ، أن العضويات -باستثناء الإنسان- ليست إلاّ آلات. ومن الواضح أن مثال الآلات قاصر جداعندما نطبّقه على العضويات: فنحن لم نر آلة تستطيع بناء ذاتها، وقادرة على التكاثر، أو أن تحصل بقواها الذاتية على الطاقة التى تحتاجها. ومع ذلك، فلم يتم التخلى فى النهاية عن هذه الفكرة إلاّ مؤخرًا.

وجّه الكيميائيون الضربة الأولى المهمة إلى المبدأ الحيوى. إذ أنه نتيجة الاعتقاد أن الأجسام الحية تختلف فى طبيعتها عن الجماد، كان يُظّن أن الكيميائين

عاجزون عن صناعة مركّبات الحى، أى ما يدعى أجسام عضوية. لكن عام ١٨٢٨ نجح فردريك فوهلر Frederik Wöhler في المخبر، بتركيب مادة عضوية هى البولة urée، انطلاقًا من مكونات معدنية. وكان ذلك البرهان الأكيد أنه يمكن فى المخبر تحويل مركبات لا عضوية إلى جزىء عضوى.

وكانت نهاية القرن ١٩ بالنسبة لعلم الأحياء مرحلة نادرة الخصوبة. فقد كانت مرحلة النظريات الكبيرة:

- نظرية الأحياء الدقيقة germes من باستور Pasteur. لقد تم اكتشاف الأحياء الدقيقة فى نهاية القرن١٧، بفضل اختراع المجهر. لكن وحتى لزمن طويل لم يعرف أحد ماذا يفعل بها وأين يمكن وضعها. لكن فقط باستور وضّح دور هذه الكائنات الحية الصغيرة فى أمراض الإنسان والحيوانات، وكذلك فى بعض الصناعات، مثل صناعة النبيذ والبيرة. ومن جهة أخرى، برهن باستور أن الجراثيم تولد من جراثيم أخرى، وأنه لا مكان للتوالد العفوى.

- النظرية الخلوية مع شلايدن Schleiden فى النباتات، وشوان Schwann عند الحيوانات. وقالا أن كل العضويات مؤلفة من خلايا. والخلية هى الوحدة الأولى للكائن الحى. وهى أصغر عنصر يملك كل خصائص الكائن الحى. يتم التكاثر بواسطة الإلقاح، أى اندماج خليتين جنسيتين: الحيوان المنوى والبويضة. ويتم تطور الجنين انطلاقًا من البيضة التى تم تشكيلها، وذلك بتضاعف الخلايا وتمايزها فى خلايا متخصصة (عضلية، عصبية، كبدية، ...الخ).

- نظرية التطور مع داروين Darwin. فالعالم الحى كما نراه حولنا، بما فى ذلك أنفسنا نحن البشر، هو نتيجة تاريخ الأرض. والأنواع تتحدر من نوع لآخر حسب آلية تخيلها داروين ودعاها الاصطفاء الطبيعى.

وفى نهاية المطاف، فكل الكائنات الحية تتحدر من عضوية واحدة أو عدد

بدئى صغير منها. وهذا يقودنا إلى أن نطرح السؤال حول منشأ هذه العضوية، أى حول منشأ الحى.

وتطور فى بداية القرن العشرين اختصاصان جديدان: الكيمياء الحيوية وعلم الوراثة. وتسعى الكيمياء الحيوية لتحليل عناصر وتفاعلات الخلية. ومعها عثرت التجارب على مدخل إلى كيمياء الحى. وهى تحلل عددًا كبيرًا من التفاعلات البسيطة نسبيًا. وتتابع التحولات التى تتشكل عبرها مخازن الطاقة وتتشكل مواد البناء.

عندما نحلل مكونات الخلية، نلاحظ أنها مشكّلة من نوعين من الجزيئات : جزيئات صغيرة وجزيئات كبيرة جدا. يتم تشكل الجزيئات الصغيرة عبر سلسلة من التفاعلات المتتالية. وفى كل مرحلة تتم إضافة أو نزع مجموعة صغيرة من الذرات. وكل تفاعل يتم تواسطه بطريقة نوعية من قبل أنزيم خاص.

أما الجزيئات الكبيرة فتتم صناعتها بطريقة مختلفة جدا. فهى مكاثير(polymères) تشكلت عبر تكرار التفاعل ذاته. وفى كل مرحلة تتم إضافة النموذج ذاته من الجزىء الصغير. وبالتالى يمكن لهذه المكاثير أن تحتوى على مئات، أو حتى آلاف من هذه القطع. وهناك نوعان منها يلعب كل منهما دورًا أساسيًا فى الخلية:

- الحموض النووية acides nucléiques هى مكاثير polymères لما يدعوه الكيميائيون: أسس بورينية puriques وأسس بريمدينية Pyrimidiques، التى يوجد أربعة منها. وهناك نوعان منها: الدنا، الحمض الريبى النووى المنقوص الأكسجين (ADN) الذى يؤمن الحفاظ على المعلومات الخلوية ونسخها، والرنا، الحمض الريبى النووى (ARN) الذى يستفاد منه بشكل خاص لنقل المعلومات.
- البروتينات: وهى مكاثير لحموض أمينية التى يوجد عشرون نوعًا منها. وتفيد البروتينات فى تحديد بنى الخلية وتشكيل الأنزيمات، التى تتواسط التفاعلات الكيميائية.

وكلما وضح تكوين الكائنات الحية والتفاعلات التى تجرى فيها، كلما قل الاختلاف عن ما يجرى فى المخبر. وتكمن خاصية الكائنات الحية بشكل خاص فى الأنزيمات، ووظيفتها كوسائط. لأنه بفضل دقة، وفعالية ونوعية الوساطة الأنزيمية، يمكن نسج شبكة كل التفاعلات الكيميائية فى فضاء الخلية الدقيق. وتشترك هذه الفعاليات الأنزيمية مع وجود البروتينات. وإذا كان لكيمياء الكائنات الحية سر، فيجب البحث عنه فى طبيعة وصفات البروتينات.

والمجال الجديد الآخر، أى علم الوراثة فقد ظهر فى بداية القرن ونما معه. فى الحقيقة لم تسترع أعمال مندل Mendel، التى أجراها ونشرها فى ١٨٦٠، اهتمامًا كبيرًا. وتم "إعادة اكتشافها" فى بداية القرن، وفى الوقت ذاته، من قبل عدد من علماء الأحياء. وتقود هذه الأبحاث إلى الفكرة القائلة أن "الصفة" أو ما نراه تحددها "جزيئة" ،لا نراها وهى مخفية فى قلب الخلية. دعيت هذه الجزيئة: "المورثة" أو الجينة . ومنذ ذلك الحين، وعلم الوراثة يتابع بحثًا لا يكل ولا يضنى محاولاً أن يفهم ما هى المورثة، آلية عملها وخواصها. وكلما تقدمنا معرفة، كلما ظهر واضحًا أن الجينات موجودة فى قلب كل خلية، وكل عضوية، وأن علم الوراثة أساس كل علم الأحياء.

وانشغل الثلث الأول من القرن بالبحث عن الطفرات عند مختلف الحيوانات والنباتات، بالإضافة إلى التصالبات بين عضويات مختلفة عبر عدة طفرات. ومنذ عام ١٩١٠ تم إثبات أن مورثة معينة تشغل مكانًا محددا ويمكن أن نعطيها موقعًا على صبغى chromosome معين. وتم نشر أول خارطة وراثية مع واسمات متعددة، مع الترتيب الخطى للمورثات على صبغى فى عام ١٩١٣.

وجّه علماء الوراثة أبحاثهم لدراسة العضويات المعقّدة، وميزوا بشكل خاص الجينات الموجهة للصفات الشكلية أو التصرفية. لكن فى نهاية الثلاثينيات تجدد لدى علماء الوراثة الاهتمام بالكيمياء الحيوية. واتسع التحليل الجينى ليصل إلى الأحياء الدقيقة. وسمح باكتشاف مورثات محددة لتفاعلات كيميائية حيوية. وأصبح بالتالى

ممكنًا تشريح المسارات الاستقلابية، وتحديد ترتيب التفاعلات المتتالية، وإظهار أن وساطة كل مرحلة، بما فيها البروتين الذى يقوم بدور الوسيط، تخضع لمورثة محددة.

وخلال كل هذه المرحلة ظهرت المورثات وكأنها "كائنات فكرية"، أو بنى تخيلية ضرورية لشرح ظواهر معروفة. ولم يكن أحد قد رآها بعد. ولم يكن ممكنًا تنقيتها أو وضعها فى زجاجات. وكانت تُمثل غالبًا كلآلئ مرصوفة على خيط نظرى يمثل الصبغى. ومع تقدم الأبحاث التى أظهرت أن الدنا، الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين ADN، هو الحامل للصفات الوراثية لدى الباكتريا والحمّات الراشحة Virus، بدأت الجينة تأخذ شكلاً وقوامًا، ولم تعد مجرد بناء فكرى.

وفى منتصف هذا القرن، طرأ تغيّر جديد فى طريقة تقييم العضويات الحية. وهذا التبدل يتوافق مع ظهور علم الأحياء الجزيئى، الذى كان مجرد فكرة أتت التجربة فيما بعد لإثباتها.

تقول الفكرة، إن صفات الكائنات الحية يجب أن تفهم بالضرورة بواسطة بنى وتداخل لتأثيرات الجزيئات المشكلة لها. والفضل فى عرض هذا المفهوم يعود لمجموعة من الفيزيائيين، خاصة برنال Bernal، نيلس بوهر Niels Bohr، ديلبروك Delbrück، شرودينغر Schrödinger الذى كان يقول، إن كل تفسير حيوى يجب أن يرتكز على قاعدة جزيئية، ولو اضطر ذلك إلى إيجاد قوانين جديدة، التى وإن بقيت فى نطاق الفيزياء، لكنها لا يمكن العثور عليها إلاّ فى الكائنات الحية. وهذا لم يمكن ملاحظته حتى يومنا هذا.

وتم الحصول على التفسير الجزيئى الأول فى علم الأمراض، وذلك بدراسة الخضاب hémoglobine فى فقر الدم المنجلى anémie falciforme. لكن إثبات أساس علم الأحياء الجزيئى أتى من التعرف على البنية الجزيئية للدنا ADN والذى أثبت وبشكل قاطع صحة وجهة نظر الفيزيائيين. وبواسطة البنية التى اقترحها

واطسون Watson وكريك Crick، تم العثور على جواب في خواص جزيء واحد، لسؤال من أكبر الأسئلة المطروحة على البشرية، ألا وهو: الوراثة.

في البداية ركزت البيولوجيا الجزيئية أبحاثها على البنى الأكثر بساطة: الباكتريا والحمّات. وتمتاز الجراثيم، بأنه اعتبارًا من فرد واحد، يمكن الحصول خلال ساعات على مجموعة متجانسة تضم مليارات الأفراد. وعلى العكس من ذلك، فإنه انطلاقًا من مجموعة مكونة من مليارات الأفراد، يمكن عزل فرد يحوى طفرة خاصة، إذا استطعنا تخيل وسط اصطفائى يسمح بتكاثر حامل الطفرة هذا. ومن هنا نشأت أهمية الجراثيم بالنسبة لكل من علماء الكيمياء الحيوية والوراثة. بعد أبحاث باستور، لم تحظ الجراثيم بالاهتمام إلاّ لدورها في أمراض الإنسان والحيوانات وفى تطبيقات الصناعة. وكانت أهميتها كبيرة في هذه المجالات، لدرجة أنها كسفت دراستها من الناحية الحيوية. وفى منتصف هذا القرن أصبح من الواضح أن الجراثيم مكونة من العناصر الكيميائية ذاتها المكّونة للعضويات الحية كلها. وأنها أيضًا، كما هى الحال لدى العضويات الأخرى، تملك أيضا مورثات متموضعة على صبغي.

وأثبتت الأبحاث المجراة فى منتصف هذا القرن وحدة البنية والوظيفة في عالم الأحياء. وظهرت الجراثيم كمادة مناسبة جدا لدراسة مسائل عديدة. أما بالنسبة للحمات، فكانت دقيقة لدرجة أن المجهر الضوئى لم يكن كافيًا لرؤيتها، بل احتجنا إلى المجهر الإلكترونى. وتساءل الجميع طويلاً إذا كانت الحمات الراشحة حيّة. والجواب اليوم هو بالنفى قطعًا. فهى ليست عضويات حية. إذا وضعت الحمات على شكل معلّق فى وسط مغذى، فهى عاجزة عن الاستقلاب métaboliser، أو توليد واستهلاك الطاقة، أو النمو، أو التكاثر، أى عاجزة عن ممارسة الوظائف الوصفية للكائن الحى. إن الحمّات لا تملك جهازًا أنزيميًّا. ولا يمكنها أن تتكاثر إلاّ ضمن خلية اخترقتها بالنّتونة، وتستعمل عندها لصالحها كل التّجهيزات الإنزيمائية للخلية المصابة.

واقتصر علم الأحياء الجزيئى لفترة طويلة على دراسة الجراثيم والحمّات. وبقيت العضويات عديدة الخلايا خارج نطاق هذا التحليل. إذ أن الدنا فيها معقّدة لدرجة أنها تتحدى إمكانيات علم الوراثة الجزيئى. لكن شيئًا فشيئًا استطاع العلماء أن يتعاملوا مع هذا الدنا، واكتشفوا طريقة لقطع هذا الخيط الطويل فى أماكن مختارة، وإعادة وصل الأجزاء، أو إدخال قطع منها داخل الصبغي. ودعيت كل هذه المناورات: الهندسة الوراثية. وهكذا أصبح من الممكن التعامل مع كميات كبيرة من الدنا المحتواة فى جينوم العضويات المعقدة.

وخلال بضع سنوات، حصل تغير كلي للطريقة التى كانت مُعتمدة وتدرس فيها الكائنات الحية، كيف تعمل وكيف تتطور. وبلغت الحاجة للعثور على تفسير جزيئى للفروع المختلفة لعلم الأحياء، علم الخلية، علم الحمات، المناعة، الفيزيولوجيا، علم الأحياء العصبى، علم الغدد الصم،... إلخ. وفى المرحلة اللاحقة والتى نحن فيها، قدمت هذه الطريقة الجديدة لرؤية العالم الحى، فى معظم المجالات لعلم الأحياء، زخمًا رائعًا من المعطيات الجديدة. ونحن الآن فى مرحلة من التنقية والتكرير والتنقيب. وسمح جهد تقنى لا سابق له بزيادة دقة الطرق المتاحة فى تحليل الجزيئات الكبيرة، الحموض النووية والبروتينات. وبالنسبة لطالب يبدأ اليوم دراسته، ويدخل لأول مرة إلى مختبر، فإنه من الصعب عليه أن يتخيل على أية حال كانت دراسة البروتينات وخاصة الحموض النووية قبل عشرين أو خمس وعشرين سنة. فاليوم يتعلم هذا الطالب نفسه فى بضعة أسابيع تقطيع جينوم génome أية عضوية إلى قطع؛ أو إلى عزل بعض الأجزاء أو إلى تنقية المورثات؛ إلى إنتاج بضع غرامات منها، وموافقتها مع أى جزء من الدنا مع أى مورثة أو سلسلة؛ أو حتى حقن جينة ما فى خلية، أو حتى فى نواة بيضة ملقّحة. أى باختصار يتعلم هذا الطالب فى بضع أسابيع، أن يتلاعب فى الجزىء، حتى الوراثى، وكأنه يتعاطى مع محرّك سيارة صغير. وكان مدهشًا اكتشاف أن الصبغيات التى كانت تعتبر سابقًا لا يمكن المساس بها، هى فى الحقيقة تخضع لتبدلات دائمة، وأن جزىء الوراثة يتم تشذيبه، تغيره، قطعه، تطويله، تقصيره، أو قلبه. أى أن وجودنا على هذه الأرض ليس إلاّ حصيلة تركيب كونى كبير جدا.

واليوم، لا يشك أى عالم أحياء، أن العالم الحى كما نراه من حولنا، هو نتيجة تطور استمر مليارات من السنين. وهذا واقع، وتعترف به حتى الكنيسة الكاثوليكية. وهذا مختلف تمامًا عن ما تعلمناه منذ مائة عام، وخاصة أن نتائج علم الأحياء الجزيئى، لا يمكن تفسيرها بمعزل عن نظرية التطور. وفى الواقع يوجد فى علم الأحياء عدد كبير من التعميمات، لكن القليل جدا من النظريات. ومن بينها، تبزها جميعا بالأهمية نظرية التطور، لأنها تجمع فى المجالات الأكثر تنوعًا، كمًّا من الملاحظات التى كانت قد بقيت معزولة عن بعضها لولاها. فهى تربط فيما بينها كل الاختصاصات التى تهتم بالكائنات الحية، ولأنها تضع نظامًا لهذا التنوع العجيب للعضويات وتوحدها بشدة مع باقى الأرض. أى باختصار، فهذه النظرية تقدم تفسيرًا سببيًّا للعالم الحى ولعدم تجانسه. لكن إذا كان علماء الأحياء يقبلون اليوم دور التطور فى تكون العالم الحى، إلاّ أن هناك خلافات حول بعض جوانب الآليات صاحبة العلاقة. لكن هذه صفة النظرية العلمية وهى أن تكون قابلة للنقاش فى تفاصيلها، وأن تفتح المجال أمام أبحاث جديدة. وتسمح البيولوجيا الجزيئية بإضاءة الكثير من التساؤلات التى تطرح حول التطور. أحب هنا أن أذكر اثنين منها. تتعلق الأولى بمعرفة ما إذا كانت جزيئات العضويات المختلفة مختلفة فيما بينها تمامًا، وكيف يكون ذلك الاختلاف. إذ كان يعتقد ولفترة طويلة أنها مختلفة تمامًا، وأن طبيعة جزيئات العضويات هى التى تمنحها خواصها وميزاتها. أى بتعبير آخر أن للماعز جزيئات ماعز، وللحلزون جزيئات حلزون. أى أن جزيئات الماعز هى التى تمنح الماعز ميزاتها الخاصة.

ورويدًا رويدًا، ومع تحسن وسائط تحليل البروتينات والجينات، وكلما تمت دراسة عضويات أكثر، اكتشفنا أن بعض الجزيئات، كالخضاب مثلاً أو، الهرمونات هى ذاتها تمامًا أو تقريبًا فى عضويات مختلفة كليًّا. وبالتدريج، ظهر أن هناك علاقة قرابة بين كل الحيوانات وكل الكائنات الحية، لدرجة لم تكن سابقًا مشكوك بها. وأن الجينات والبروتينات ليست أشياءً وحيدة، أو خاصة بنوع معين. ونحن نجد بنى قريبة جدا من بعضها بين نوع وآخر. لا بل حتى ضمن نوع واحد،

فإننا غالبًا ما نجد بنى قريبة جدا من بعضها البعض، تقوم بوظائف مختلفة جدا. كما أننا كثير ما نصادف قطعًا من متواليات مشتركة مدمجة ضمن متواليات مختلفة. إن الجينات والبروتينات هى فى الغالب مثل الفسيفساء، تتشكل من تجميع عدد من العناصر، وعدد من الرسومات يحمل كل منها موقعًا للتعرف. وهذه الأشكال موجودة بأعداد محدودة، ألف أو ألفان. وتوفيق هذه الأشكال مع بعضها يعطى البروتينات تنوعها اللانهائى.

أما تنظيم أشكال معينة فيضفى على بروتين معين الخصائص النوعية له.

والعنصر الأساسى، ذات العلاقة المباشرة فى كيمياء الخلية، هو موقع التعرف المحتوى فى مجال بروتينى. إن التعرف الجزيئى بدا، لأول وهلة، محصورًا للتداخل بين الأنزيم والركيزة substrat، أو بين مولد الضد والأجسام الضدية. لكن حاليًا يُعزى له الدور الأول فى سلسلة من الظواهر: كوثرة polymérisation البروتينات لتشكيل بنى معينة، مثل بروتين العضلات، هيكل الخلية، الريبوزومات ribosomes، كبسولة الحمات؛ تداخل البروتين مع الدنا فى تنظيم فعاليات الجينات، التداخل بين المستقبل والربيطة ligand فى مجموعة من الظواهر، مثل تنبيغ transduction الإشارات أو تفاعل الخلايا فيما بينها، والالتصاق الخلوى، ...إلخ، وعدد من مواقع التعرف الجزئى هذه، تبقى دون تغيير خلال كل مراحل التطور. وبالتالى يمكن مصادفتها بشكل واحد لدى عضويات متنوعة جدا.

ونلاحظ هكذا التغيرات الحاصلة فى الطريقة التى ينظر إليها لتطور الكيمياء الحيوية. سابقًا كان يعتقد أن كل مورثة، أى كل بروتين هو شيء وحيد من نوعه، وناجم عن متوالية لا مثيل لها من الحموض الأمينية أو النوويدات nucléotides. وكل منها لا يمكن أن يتشكل إلاّ عبر آلية خلق جديدة، وهذا بكل وضوح غير متوقع مطلقا. لكن وجود عائلات بروتينية عديدة ذات بنى متطابقة، وتشكل البروتينات الفسيفسائى المؤلفة من أشكال يمكن مصادفتها فى العديد من

البروتينات. إن هذا الواقع المدهش، يظهر أنه خلال التطور حافظت البروتينات على أشكالها النوعية ومواقعها الفعّالة رغم التنوع الشكلى الكبير، مما يبرهن على أن التطور قد جرى بطريقة مختلفة تمامًا عن المعتقدات السابقة. وفى الواقع يبدو أن التطور الكيميائى الحيوى يعمل حسب مبدأين، يتعلق الأول بخلق جزيئات جديدة والثانى بآلية اصطفائها.

الجانب الخلاّق من التطور الكيميائى الحيوى لا يتم انطلاقًا من لا شىء. إذ يقوم على صنع الجديد اعتمادًا على القديم. وهذا ما دعوته "التصنيع" الجزيئى bricolage moléculaire. لا بد أن المورثات الأولى قد تشكلت انطلاقًا من متواليات قصيرة من النوكليوتيدات nucléotides، لا يتجاوز عددها الثلاثين أو الأربعين. وأخذت هذه القطع تكبر، إما بالالتحام بين نهاياتها، أو بالتضاعف مرة أو عدة مرات. ونحن نجد فى الكثير من المورثات آثار تضاعف واحد أو عدة تضاعفات متكررة، يتلوها تنوعات مختلفة الأهمية. ويبدو أن أحد أهم طرق التصنيع الجزيئى هو تضاعف duplication أجزاء من الدنا أو جينات بأكملها. وبواسطة التضاعفات المتتالية، تشكلت عائلات عديدة من الجينات مثل التى للخضاب، وعوامل التنظيم العديدة، أو جينات عائلة الغلوبولينات المناعية immunoglobulines، التى تلعب أدوارًا متقاربة مثل التعرف على مولدات الضد، الالتصاق الخلوى أو توجيه المحوار (الإكسون).

أما الطريقة الثانية لإنتاج الجينات: فهو إعادة ترتيب réassortiment أجزاء موجودة مسبقًا لتشكيل جينات فسيفسائية. وهنا يتدخل وجه الاصطفاء. لقد كانت مفاجأة كبيرة بالنسبة للباحثين، عندما اكتشف فى البروتينات، بقاء أشكال التعرف النوعية وحتى عدم المساس بها خلال التطور. ويمكن تفسير هذا الثبات، رغم التنوع الشديد فى الأنواع، بالضغوط الشديدة المطبّقة على مواقع التعرف هذه، التى تعتبر أساس كل التفاعلات الجزيئية، وبالتالى كل النشاطات الكيميائية للخلية. ومن الضرورى الحفاظ على نوعية التفاعلات الجزيئية. ولهذا السبب نلاحظ عطالة عبر التطور بالنسبة للبنى صاحبة العلاقة. وتطبق هذه العطالة على قطعة من الجينة

وهى القطعة المرمّزة أو exon، التى تحدد موقع التعرف هذا. وهى لا تشمل القطع غير المرمزة فى الجينة أو الـ introns. وليس بالجوار لطبيعة القطع التى تجاور الأكسون صاحب العلاقة. وبالتالى فإن الـ introns وقطع الدنا المجاورة يمكن أن تتغير بكل حرية. ومن هنا نمط التركيب الجزيئى الثانى: الذى هو إعادة ترتيب قطع الدنا، والإكسونات لتشكيل جزيئات فسيفسائية.

ومرة أخرى، فإن توفيق Combinatoire عناصر محدودة العدد، ينتج أعدادًا لا حصر لها من البنى لتشكيل المكونات الخلوية الأساسية. ولا يرتكز التطور الكيميائى الحيوى إلاّ ثانويًا على الطفرات، كما كان يعتقد سابقًا. ويعتمد هذا التطور بشكل أساسى على تضاعف قطع الدنا وإعادة ترتيبها. ونجد خلال هذا التطور نقاطًا ثابتة حقيقية، أى جزر مشكّلة من مواقع التعرّف النوعى. وحول قطع الدنا التى ترّمزها، يتم تبادل أجزاء أخرى من الدنا، بشكل حر قليلا أو كثيرًا، وكأنها ترقص حولها. وضمن هذه الشروط، فإن البنى الأساسية أى مواقع التعرف موجودة فى كل العضويات ضمن سياق قد يكون مختلفًا من حالة إلى أخرى. ومجمل العالم الحى يشبه فى هذه الحالة إحدى لعب الأطفال، حيث يتم فك وتركيب قطع متفرقة منها لصنع أشكال متعددة. فالقطع ذاتها يمكن فكّها وإعادة تركيبها من جديد بطريقة مختلفة بحيث تنشأ أشكال مختلفة. ولكن فى الأساس، فإن العناصر ذاتها هى التى يتم استعمالها.

وتسمح البنية الفسيفسائية للجينات والبروتينات، بإمكانية تداخلات متعددة. ويزيد تشكيل معقدات بروتينية، أحيانًا ضخمة جدا، أيضا من إمكانياتها. ومن أجل هذا، فإنّه لتنفيذ بعض العمليات الأساسية فى الخلية، مثل التفاعلات والتداخلات المختلفة، يتم تشغيل مجموعات نوعية. كما هى الحال مثلاً فى عمليات الانقسام الخلوى، أو التداخلات بين الخلايا، أو بعض مراحل التشكّل. إن جينات المجموعة المسئولة عن تلك العمليات، ترتبط مع بعضها بآليات تعارف خلوى التى تشارك منتجاتها بشدة. ومجموع الجينات التى تدير الانقسام الخلوى هى ذاتها فى الخميرة وعند الإنسان. فهى حافظت على وظيفتها، وجزءًا كبيرًا من بناها عبر مراحل

التطور التى امتدت أكثر من خمسمائة مليون سنة. وأطلق أنطونيو غارسيا بليدو Antonio Garcia-Bellido على هذه المجموعات اسم syntagmes ، وهى تعمل مثل وحدات يتم استعمالها فى بناء كل الخلايا.

ونلاحظ البناء ذاته القائم على وحدات مستقلة تديرها مجموعات من الجينات، فى التطور الجنينى للعديد من الأنواع، وربما جميعها. فالعضويات، خاصة الحشرات، يبدو أنها تنمو على شكل قطع تتكرر، أى على شكل وحدات عديدة الخلايا. تكون هذه الوحدات فى البدء متشابهة، لكنها تتمايز ثانويًّا بطرق نوعية فيما بعد تحت تأثير مجموعات الجينات المنظمة، مثل الجينات المتجانسة. ودور هذه الجينات، هو تعديل القوانين التى تسيطر على نمو الوحدة الواحدة النموذجية. وتحدد منطقة بشكل واضح تمامًا، وتمنح كل قطعة هوية خاصة بها. ويتم تعريف كل منطقة، وكل قطعة، باتحاد عدد من الجينات المتشابهة التى تعمل على التوازى ضمن الخلية. وبالطريقة ذاتها، فإن للتمايز النهائى الذى سينتج أنواعًا مختلفة من الخلايا التى نراها فى الجسم، سوف يستعمل مجموعات من الجينات المحفوظة التى تعمل مع بعضها. وكمثال عن ذلك، لإنتاج خلايا عضلية، أو خلايا عصبية، عند كل العضويات التى تمت دراستها من الشريطيات إلى الكائن البشرى. وعالم الأحياء يضم الجراثيم والحيتان، الحمّات والأفيال، وعضويات تعيش فى المناطق القطبية بدرجة حرارة ٢٠ تحت الصفر. لكن كل هذه العضويات تبدى وحدة فى البنى والوظائف مثيرة للإعجاب. والذى يميز فراشة عن الأسد، أو دجاجة عن الذبابة، ليس الاختلاف فى المركبات الكيميائية، بل تنظيم وتوزيع هذه المركبات. ومن بين هذه المجموعات المتجاورة، كالفقاريات مثلاً، نجد أن الكيمياء هى ذاتها. وما يجعل كائنًا فقاريًّا مختلفًا عن غيره، هو بشكل أساسى الاختلاف فى زمن التعبير والكميات النسبية لمنتجات الجينات خلال نمو الجنين، أكثر مما هو هذه الاختلافات الصغيرة التى نلاحظها فى بنية هذه المنتجات.

وينشأ التعقيد فى الطبيعة عن التركيب والتوليف combinatoire: توليف الجزيئات particules لتشكيل الذرّات، وتوافق الذرات لتشكيل الجزيئات وتوليف

الخلايا لتشكيل العضويات. وتشكل هذه الآلية القاعدة لتشكل الجينات والبروتينات: توفيق قطع لكل منها وظيفة نوعية وتعيد ترتيب ذاتها إلى ما لا نهاية لتلعب أدوارًا مختلفة. ويكفى عدد صغير من قطع الدنا هذه لتشكيل أعداد كبيرة من الجينات.

وقد كانت مفاجأةً حقا الاكتشاف إلى أى حد تم الحفاظ على الجزيئات خلال التطور. ليس فقط البروتينات الهيكلية مثل خضاب الكريات الحمر، الأكتين والميوزين فى العضلات، أو كيراتين الشعر والأظافر. وليس فقط الأنزيمات مثل الببسين والتربسين التى تتداخل فى عملية الهضم، أو السيتوكروم التى تتداخل فى التنفس. لكن أيضا البروتينات الناظمة التى توجه مثلا نمو الجنين وتحدد شكل الحيوان. ونذكر مثالين فقط لبرهان بقاء الجزيئات المدهش هذا: فعند الذبابة مثلاً التى تتميز بماض وراثى طويل، تم إظهار جينات تؤمّن فى البيضة موضع محاور الجنين القادم، والجينات التى تحدد مصير وشكل كل قطعة من قطعه. وكانت المفاجأة اكتشاف الجينات ذاتها عند كل الحيوانات المفحوصة: الضفدع، دودة الأرض، الفأر والإنسان. من كان ليقول منذ ١٥ سنة أن الجينات التى ترتب وضع المستويات فى الكائن البشرى هى ذاتها التى تعمل فى الذبابة أو الدودة؟ يجب الاعتراف الآن أن كل الحيوانات الموجودة حاليًا على هذه الأرض تنحدر من عضوية واحدة عاشت منذ حوالى ٦٠٠ مليون سنة وكانت تملك فى حينه مجموعات الجينات هذه.

وهناك مثال آخر ليس أقل إثارة للاستغراب: ويتعلق بالعيون. نجد عند الحيوانات أعدادًا مختلفة من العيون مبنية حسب مبادئ مختلفة جدا. فهناك العين ذات الوجيهات لدى الحشرات والعين ذات الجسم البلورى لرأسيات الأرجل céphalopodes والفقاريات. ورغم الاختلاف الكبير بين هذين النموذجين، فهما يستعملان لبنائهما الجينات ذاتها، لكن مركّبة بطريقة مختلفة بحيث تنتج أعضاء تؤدى الوظيفة ذاتها لكن بهيكلية مختلفة جدا. وخلال نصف القرن الماضى، انتقلنا من مفاجأة إلى أخرى. لدرجة أنه خلال الـ ١٥ سنة الأخيرة ظهرت رؤية جديدة تمامًا بالنسبة لعالم الأحياء.

أحب أن أتطرق هنا إلى مسألة أخرى، مسألة خطيرة تأتى بشكل متلازم مع نظرية التطور. وهى السؤال عن منشأ الحى، ومنشأ الحياة. فمن جهة برهن باستور وبشكل نهائى أن التوالد العفوى لا وجود له. وبعده لم يعد أحد يعتقد أن الذباب يولد من الأقمشة المتسخة البالية. فالحى يأتى من الحى. وكل خلية تأتى من خلية. كما أنه من جهة أخرى، بعد داروين، أصبحنا نعرف أن الأجناس تتحدر من بعضها البعض. وكلها أتت من عضوية واحدة أو عدد صغير من العضويات البسيطة. ومن هنا يأتى السؤال: كيف تشكلت العضوية الأولى الحية؟

يعتقد الآن أن الأرض تشكلت منذ حوالى أربعة مليارات ونصف السنة. فكم عدد آلاف الحدثيات المستقلة عن بعض تمامًا، والتى كل منها كان يمكن أن لا يحدث، كان يجب أن تتم حتى يخلق الكون، ومجرتنا، والنظام الشمسى مع أرضنا بالشروط الضرورية للحياة وهى شروط غير متوفرة على الكواكب الأخرى من المجموعة الشمسية: الماء، المسافة المناسبة عن الشمس التى تسمح بالحرارة الملائمة. ويضطر علماء الأحياء أن ينهلوا من كل موارد خيالهم حتى يتمكنوا من الكلام عن منشأ الحياة.

ويبدو أن الحى ظهر سريعًا، غالبًا بعد حوالى أقل من مليار سنة بعد تشكل الأرض، على شكل ما يمكن تسميته "ما قبل الباكتريا". وعندما نقول حى، نعنى أيضا التكاثر. لكن جهاز التكاثر كما نلاحظه الآن لدى أبسط العضويات، بل حتى عند الجرثوم الأكثر تواضعًا، يبدو بشكل فائق التعقيد. لأنه حتى تضاعف الدنا بمفرده بحاجة إلى أعداد كبيرة من البروتينات. وتركيب كل واحدة منها يتطلب عددًا وتنوعًا أكثر للجزيئات الكبيرة. وهذا فقط من أجل تضاعف الدنا، فما بالكم بالوظائف والتفاعلات الكيميائية التى تتم داخل خلية جرثومية حديثة. وبالتالى يمكننا أن ننفى ظهور مثل هذا الجهاز بكل تعقيداته مرة واحدة. ومن هنا ضرورة تصور سيناريوهات مقبولة بشكل أو بآخر، تم بموجبها بناء تدريجى لهذا التعقيد.

وحسب السيناريو الحالى، فإن العالم الحى كما نعرفه والذى يحكمه الدنا، سبقه عالم كان الرنا فيه أهم بكثير، لأنه كان فاعلاً من أجل التكاثر ومن أجل

وساطة بعض التفاعلات. وغنى عن القول، إن إنشاء عالم الرنا هذا، والانتقال منه إلى عالم الدنا، يتطلب عددًا كبيرًا من المراحل تبز فى ندرة الاحتمال إحداها الأخرى. قد يكون ممكنًا تحديد بعض ملامح هذا السيناريو وتعميق بعض النظريات. لكن الكثير منها لا يسمح بإعادة إجرائه فى المخبر، أو التأكد من صحته تجريبيًّا. وبمعنى آخر، إذا ظهر أن الجراثيم، الفطور، النباتات، الحيوانات والبشر، أو باختصار نحن الأحياء، ننحدر كلنا من "طليعة جرثوم بدئي"، فما زلنا بعيدين عن معرفة تفاصيل الوجه الحقيقى لجدّنا المشترك.

وعندما نتكلم عن منشأ الحياة، فيجب أن نقبل أنّه خلال ثمانمائة أو تسعمائة مليون سنة، هناك آلاف الحدثيات، كل واحدة منها أقل احتمالاً بالحدوث من الأخرى، قد تتالت لتسمح بالانتقال من أرض دون حياة عليها إلى حياة فى عالم الرنا، ومنه إلى عالم الدنا. ومن الواضح، أن مثل هذه الرواية تبدو لغير المتخصص صعبة القبول، مثل قصة الخلق التى رواها Hésiode فى كتابه Théogonie، أو الأوبانيشاد الهندوسية أو التوراة. وغالبًا تبدو الروايات الأسطورية أقرب للفهم العام من خطاب الكيميائيين الحيويين وعلماء البيولوجيا الجزيئية.

وهؤلاء الأخيرين وقد وضعوا بمواجهة مسألة لا يبدو حلّها ممكنًا قبل زمن طويل، لذا فهم يلجأون إلى ثلاث نظريات ممكنة: فبعضهم، ومن بين أهمهم، يعتبر أن ظهور الحياة على الأرض غير محتمل الحدوث لدرجة أنهم يفضلون التفكير نصف جادين، نصف هازئين، أن يدّعوا بوجود نظرية النطف الشاملة. أى أن جراثيم حية وصلت إلى الأرض على متن سفينة فضائية أرسلتها حضارة أكثر تطورًا من حضارتنا من كوكب بعيد. لكن هذا لا يقدم حلاً للمسألة بل يؤخرها فقط قليلاً. وهذا الرأى هو الأندر بين نظرائه.

ويعتقد آخرون أن ظهور الحى على الأرض كان شيئًا نادر الاحتمال لدرجة أنه حصل مرة واحدة فقط. وانه نتيجة متتالية من الحدثيات، كان يمكن لكل واحدة منها أن لا تحدث، مما كان سيؤدى إلى عدم وجود عالم حى على الأرض. وهؤلاء

العلماء أنفسهم يميلون للاعتقاد أنه لا يوجد سكان آخرين، وخاصة أنـه لا يوجـد سكان آخرين عاقلين فى الكون.

وأخيرًا هناك الفئة الثالثة من العلماء التى تظهر موقفًا مغايرًا تمامًا. وتعتبر هذه الفئة أن كل المراحل ذات العلاقة فى ظهور عالم الرنا، ومن ثم الانتقال إلـى عالم الدنا، ما هى إلاّ تفاعلات كيميائية عادية. وسوف تحصل من كل بد فى حـال توفر لها الفرص الكافية أو الزمن. وبالنسبة لهؤلاء العلماء فإنه لم يكن من الممكن إلاّ أن يتشكل الحى على الأرض. ومن جهة أخرى، آخذين بعين الاعتبـار حجـج علماء الفيزياء الكونية، الذين بالنسبة لهم يحوى الكون عددًا كبيرًا من الكواكب التى لا بد أن خواصها مشابهة لخواص الأرض، فإنهم يعتبرون أنه لا بد من وجود عدد كبير من بؤر الحياة فى الكون، بل ربما أيضا من الحياة العاقلة.

وفى الوضع الراهن للمعارف يبقى الخيار بين الاحتمالين الأخيرين مجـرد قضية ذوق. فالبعض يفضل تثمير الاستثناء الذى تمثله حياة مقتصرة على الأرض، وبالتالى فردانية الوعى الإنسانى فى التفكير بالكون ومن يسكنه. وعلى العكس من ذلك يفضل الآخرون الاعتقاد بابتذال الحى، ويعتقدون أن خواصه علـى كواكـب أخرى لا تختلف كثيرًا عن التى نلاحظها على الأرض. وهم مقتنعون مـن جهـة أخرى أن الحياة عندما تبدأ مسيرتها، فهى لا بد أنها ستقود إلى الوعى. لذا يبـذلون جهدهم للعثور على طرق للاتصال بحضارات أخرى، وبرأيهم، لا بد أنها تـشغل مناطق أخرى من هذا الكون.

لكن مع ذلك، وحتى الآن، لم يتمكن أحد من التقاط إشارة قادمة من المجـرّة أو من مجرات أخرى. ويجهد العلماء، مستعينين بسلسلة مـن المراصـد الفلكيـة الموزعة عبر العالم، فى العثور على مثل هذه الإشارة، مستعملين أطوال موجـات مختلفة ومتنوعة. لكن بقى ذلك حتى الآن عبثًا. علينا هنا طبعًا أن نـذكر قـضية المسافات الشاسعة. لكن مؤخرًا تم لفت الانتباه لنيزك "قد" يكون آتيًا مـن المـريخ والذى "قد" يكون حاويًا لبنية تذكّر بأقدم البنى الحية التى عثر عليها علـى الأرض.

لكن الحجج المقدمّة ليست مقنعة مطلقًا. ويبدو أن هذه القضية تخدم أغراض الدعاية لـ NASA تحضيرًا لرحلاتها القادمة إلى كوكب المريخ.

نرى إذن، أن العلم قد قلّص بشكل واضح، منذ قرن أو قرنين، طموحاته بالنسبة للأسئلة التى يطرحها وبالنسبة للأجوبة التى يبحث عنها. وفى الواقع فإن بداية العلم الحديث تتحدد باللحظة التى انتقل فيها من التساؤلات العامة إلى الأسئلة المحددة. أى عوضًا من أن نسأل: "كيف تم خلق الكون؟ ما مكونات المادة؟ ما الحياة؟" بدأنا نسأل أنفسنا: "كيف يسقط الحجر؟ كيف تسيل المياه فى أنبوب؟ أين يجرى الدم فى الجسم؟" وأدى هذا التغيير إلى نتائج مذهلة. فبينما كانت الأسئلة العامة لا تجد إلاّ أجوبة محددة، فإن الأسئلة المحددة قادت إلى أجوبة أكثر عمومية وشمولاً. و ينطبق ذلك أيضا على العلم فى يومنا هذا. ومن أجل ذلك فإننا لم نعد نطرح أسئلتنا على الحياة فى المخابر. ولم نعد نسعى لرسم حدودها. بل نجهد فقط فى تحليل النظم الحية، بناها، وظائفها وتاريخها.

وبالتالى يجب أن لا نسأل العالِم أن يعرّف الحياة. فكل فرد منّا يعلم ما هى الحياة. وكلّ منّا يعلم كم هى هشّة وعطوبة. وكل منا يعرف لا نهائية ممكناتها وتنوعها الرائع. وكل منا يعلم أنه لا يوجد على الأرض شىء أثمن من الحياة. بل أنها الثروة الوحيدة فى هذا العالم. وأن إعطاء الحياة أو بالأحرى نقل الحياة إلى طفل هو الفعل الأكثر عمقًا الذى يمكن للكائن البشرى أن يقوم به. وكان مالرو Malraux يقول" "لا تساوى الحياة شيئًا، لكن لا شىء يساوى الحياة".

الحياة: المنشأ والتوزع الممكن فى الكون[٢]

بقلم: أندريه براك

André Brack

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

تم الانتقال غالبًا من الجماد إلى الحياة، فى الماء. وذلك منذ حوالى أربعة مليارات سنة، عندما ظهرت الجزيئات الأولى القادرة على التكاثر والتطور. ويشرح إمبيدوكل Empédocle ظهور الإنسان على الطريقة التالية: فى الماضى كانت تتنزه على سطح الأرض رؤوس دون سيقان،وسيقان دون رؤوس، أذرع وجذوع. وفى أحد الأيام، وعن طريق الصدفة التقت كل العناصر اللازمة لتركيب الفرد الكامل. وهكذا تنظم الإنسان الأول ذاتيًّا.

وإذا نقلنا صورة امبيدوكل على المستوى الجزيئى، فإن ظهور الحياة على الأرض يمكن مقارنته بالإنشاء العفوى لبناء جزيئى انطلاقًا من جزيئات مبعثرة. وعن طريق الصدفة، استطاع عدد من هذه الجزيئات أن ينظم نفسه ذاتيًّا، وأن يشكل بنية كيميائية قادرة على تجميع عدد آخر من الجزيئات من أجل توليد بنية أخرى مماثلة للأصل، ناقلاً هكذا مخطط التركيب هذا. وكنتيجة لبعض الأخطاء الصغيرة فى التركيب، ظهرت بنية أكثر قدرة على التكاثر وأصبحت النوع المسيطر. أية بنية كيميائية؟ وأى مخطط تركيب؟ وما الجزيئات التى استعملت؟ كم كان عدد هذه الجزيئات؟ وللإجابة على هذه الأسئلة، وجّه العلماء جهودهم فى اتجاهات ثلاثه: إعادة خلق الفعل الكيميائى الأصلى فى أنبوب الاختبار، العثور

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢ يناير ٢٠٠٠.

على أشكال مستحاثة bossilisées من هذا الفعل الكيميائى الأصلى، والبحث عن أشكال قريبة للحياة على كواكب أخرى.

إعادة خلق الحياة البدئية فى أنبوب الاختبار

كانت على الغالب الجزيئات الأولى القادرة على التكاثر الذاتى وطلائعها، جزيئات عضوية مبنية على هيكل من ذرات الكربون. وتبدى ذرات الكربون صفتين مميزتين، هما توقيعان ممتازان بالنسبة للأحياء. إذ تملك ذرة الكربون نظيرين مستقرين هما C^{12} و C^{13}. وتختار التحولات الأنزيمية لثانى أكسيد الكربون والكربونات إلى كربون عضوى بواسطة النباتات والأحياء الدقيقة دائمًا النظير ١٢ من الكربون. ومن جهة أخرى تشغل ذرة الكربون غالبًا مركز هرم رباعى الوجوه. وعندما تكون مجموعات الذرات فى رؤوس الهرم الأربعة مختلفة، لا تكون صورته فى مرآة متطابقة معه. وبالتالى يصبح الكربون غير متناظر وينشأ لدينا فى هذه الحالة شكلان مرآويان غير متطابقين، كل شكل هو صورة للآخر فى مرآة. يطلق عليهما اسم الأشكال المتقابلة énantiomères. والجزيئات الحيوية لا تستعمل إلاّ أحد الشكلين المرآوين. ونقول عندها أنها وحيدة الجهة.

تغتصب الحياة الأرضية مبدأ التكافؤ: فالحياة وصورتها فى المرآة لا تتواجدان باحتمالات متساوية، ويبدو أن الحياة الرزيمية racémique (من العنب = de racemus)، التى قد تستعمل أحد النظيرين الأيمن والأيسر للجزيئات أو الاثنين معًا، قليلة الاحتمال جدا.

قد تكون الجزيئات الكربونية قد صُنعت فى الجو انطلاقًا من الميتان méthane. ودُعمت هذه النظرية بالتجارب المقلّدة لـ Miller . ويميل الجيوكيميائيون الآن إلى تفضيل نظرية تقول بوجود جو بدئى غنى بثانى أكسيد الكربون. وفى مثل هذا الجو، فإن إنتاج اللبنات الضرورية للحى لن يكون مجديًا

كثيرًا. وبالنسبة لغونتر فيشترهاوزر Günter Wächtershäuser، فإن الجزيئات العضوية الأساسية قد تشكلت بآلية إرجاع ثانى أكسيد الكربون انطلاقًا من كبريت الهيدروجين والحديد. يتفاعل هذان الكبريتان فى المخبر مع ثانى أكسيد الكربون منتجين الهيدروجين ومركبات كربونية كبريتية متنوعة. وفى بعض الشروط، يتشكل أيضا استرات كبريتية، التى حسب كريستيان دى دوف Christian de Duve ، قد تكون شكّلت المصدر الأساسى للطاقة فى العالم الحى البدائى.

ومع ذلك فإن الحرارة المرتفعة، حوالى ٣٥٠ درجة، تشكل عائقًا كبيرًا، فالجزيئات العضوية ليست ثابتة فى مثل هذه الحرارة. ويمكننا أن نتصور وجود مظاهر للسقى الحرارى بشكل مستمر فى المياه المحيطة بدرجة حرارة قريبة من الصفر المئوى. ويتم التأكد من هذه النظرية حاليًا فى المخابر.

وتنشط الكيمياء العضوية بشكل خاص فى الفضاء بين الكواكب. ولقد استطاع الفلكيون، باعتماد الأمواج الراديوية، التعرف على ٨٣ جزيئًا عضويًا مختلفًا. واستطاعت المذنبات والنيازك إيصال كميات كبيرة جدا من الجزيئات العضوية من خارج الأرض. وتم التعرف على ثمانية من أصل العشرين حمضًا أمينيًا المشكلة للبروتينات ضمن نيزك مورشيسون Murchison. ومؤخرًا، عثر جون كرونان John Cronin على زيادة من حوالى ٩% من الصيغ المقابلة اليسرى بالنسبة لبعض الحموض الأمينية غير البروتينية الموجودة ضمن هذا النيزك. والاكتشاف الحديث لإشعاع مستقطب بشدة، فى المجال تحت الأحمر، فى منطقة تشكل النجمة أوريون OMC^{-1} ، يوحى أن المجموعة الشمسية خلال مرحلة التضخم الجرمى، قد تكون قد تعرضت لاستقطاب دائرى شديد، ويعود سبب هذا الاستقطاب إلى انكسار غيمة الغبار. وكان يمكن لاستقطاب فى أطوال موجات أكثر قصرًا أن يدمّر الحموض الأمينية اليمنى ويترك فقط الحموض الأمينية اليسرى لتصل إلى سطح الأرض بواسطة النيازك والمذنبات والحبيبات بين الكواكب.

وتم مؤخرًا استخراج مجموعة مثيرة للاهتمام من النيازك المجهرية، من الجليد الأزرق من القطب الجنوبى، وتم تحليلها من قبل ميشيل موريت Michel Maurette. فوجد أنه فى المجال من ٥٠ إلى ١٠٠ ميكرومتر، تحوى حوالى ٨٠% من الحبيبات، القادمة من المذنبات غالبًا، على مادة عضوية (٢% من الكربون) لم يتم ذوبانها أثناء عبورها الغلاف الجوى. وتم أيضا العثور على حموض أمينية. وتقدّر كمية الكربون التى أحضرتها هذه الحبيبات إلى سطح الأرض بحوالى ٣٠,٠٠٠ مليار طن خلال مرحلة القصف العنيف قبل حوالى أربعة مليارات سنة. وللمقارنة فإن هذه الكمية تمثل تقريبًا ثلاثين ضعفًا من كمية الكربون المعاد تدويره فى الكتلة الحية حاليًا. وللتحقق من نظرية استيراد الحموض الأمينية من خارج الأرض، قمنا بإشراك المركز الوطنى للدراسات العلمية CNES ووكالة الفضاء الأوروبية ESA، بتجارب فى الفضاء فى مدار منخفض، على متن قمرين صناعيين روسيين آليين هما FOTON (لمدة عشرة أيام) والمحطة MIR (لمدة ثلاثة أشهر). وتناولت الدراسات ثبات الحموض الأمينية فى الفضاء (نكوص dégradation chimique وترزّم racémisation) وتكوثر مشتقات الحموض الأمينية والببتيدات. وأظهرت النتائج ثباتًا جيدًا للحموض الأمينية عندما تكون محمية من الأشعة فوق البنفسجية بواسطة سطوح معدنية.

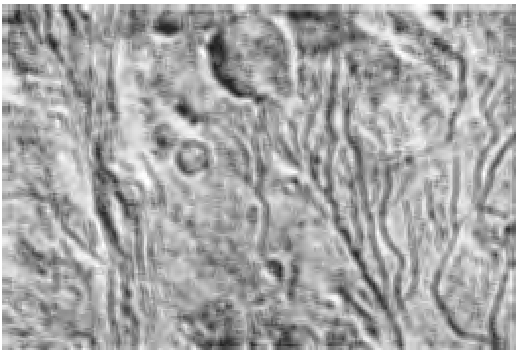
إن وحدة الحى المعاصر، وبشكل خاص عمومية مخطط التركيب، توحى بأن البنية الكيميائية الأصلية كانت تشبه منذ ذلك الحين الخلية. وجهد الكيميائيون فى المخبر انطلاقًا من الجزيئات العضوية الصغيرة لإعادة تركيب العائلات الثلاث من القطع الضرورية لعمل الخلية. واستطاعوا إعادة تركيب عائلتين من أصل العائلات الثلاث، وبرهنوا أن الماء يلعب دورًا مضاعفًا كمادة حالة وككاشف كيميائى. لكنهم فشلوا فى إعادة تركيب مخطط تجميع الرنا والدنا. ويعتقد الكيميائيون أن البنية الكيميائية الأصلية كان يجب أن تكون أكثر بساطة من الخلية، ومن عالم من الرنا، حيث تكون الرنا، على صورة الأنزيمات الريبية (ريبوزيم ribozymes)، قادرة ليس فقط على نقل المعلومة بل أيضًا على ممارسة نشاط

وساطى كما تفعل الأنزيمات. وفى الواقع فإن عملية التركيب العفوى للرنا ضمن شروط الأرض البدائية تظهر فائقة الصعوبة، وبالتالى قليلة الاحتمال. وكان على البنية الكيميائية البدئية أن تكون أيضًا بسيطة ومتينة بشكل كاف لتتمكن من تحمل صدمات النيازك والشهب، ومقاومة الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، التى كانت فى حينه تخترق الغلاف الجوى دون أن ترشحها طبقة الأوزون. إن إعادة تركيب الحياة البدائية فى أنبوب الاختبار صعبة، لأنها تصطدم بسهم الزمن ومدته. وبسبب سهم الزمن هذا وبسبب التطور، فإن الحياة البدائية كانت حتمًا مختلفة جداعن الحياة التى نعرفها الآن. وبسبب عامل المدة، فإن الكيمياء فى المخبر لن تستطيع أبدًا إعادة الحدثيات تمامًا وبشكل مطابق لشروط الكيمياء قبل الحيوية. تستطيع التجارب إذن أن تدعم النظريات، ولكن لا يمكن لها أن تمنحها حقيقة تاريخية لا جدل فيها.

البحث عن الأشكال المستحاثة للحياة الأرضية البدائية

لقد قضى التاريخ الجيولوجى المضطرب للأرض على تواقيع النظم الحية الأولى عليها، وخاصة نظرًا لتكتونية صفيحات القشرة الأرضية، التى تدفع بالصفيحة المحيطية الغنية بالترسبات تحت الصفيحة القارية. بالإضافة إلى جريان الماء المستمر والأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، والتى لا يرشحها طبقة الأوزون (كان الأكسجين غائبًا فى الجو البدائي) والأكسجين الذى أنتجته لاحقًا وبكميات كبيرة النظم الحية، والحياة ذاتها عندما غزت كامل الكوكب. تم اكتشاف أقدم المستحاثات المجهرية فى إستراليا، من قبل العالم الأميركى وليام شوبف William Schopf وذلك ضمن حجريات النسيج المستحاثة. ويبلغ عمرها ٣,٤٦٥ مليار سنة. وفى ذلك الزمن كانت تتظاهر الحياة الجرثومية بأشكال العصيات الزرق الخيطية cyanobactéries filamenteuses، التى كانت غالبًا قادرة على تركيب موادها العضوية عن طريق الضوء، أى قادرة على صناعة مكوناتها

الأساسية انطلاقًا من ثانى أكسيد الكربون الجوى. وكانت هذه الحياة البدائية متنوعة منذ حينه، إذ تم التعرف على أحد عشر صنفًا مختلفًا. والصخور الرسوبية الأقدم تم العثور عليها فى الجنوب الغربى من غرونلاند. وترسبات إيسوا Isua ترجع إلــى ٣,٨ مليار سنة (الشكل ١) وترسبات أكيليا Akilia إلى ٣,٨٥ مليار سنة. وتـشهد على الوجود الدائم للماء السائل، وثانى أوكسيد الكربــون فــى الغــلاف الجــوى، وتحتوى على الكيروجينات وهى جزيئات عضوية معقدة. وعملية الإثراء بالكربون ١٢ للكربون العضوى الموجود فى هذه الترسبات مدهشة فعلاً، فهى توحى، لكن لا تثبت، وجود نشاط للتركيب الضوئى، أى لحياة بدائية قبل ٣,٨ مليار سنة. وهــذه الأدلة الجيولوجية الضعيفة تسمح بالتفكير فى أن الحياة، فى الأصل، كانت قائمــة على استعمال الماء والجزيئات العضوية، ولكنها لا تــسمح بفهــم بدايــة الحيــاة الأرضية.



الشكل (١)

رواسب إسوا Isua تعود إلى ٣,٨ مليون سنة وتشهد وجودًا دائمًا للماء السائل، وثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى، وترمم قار الصخور الصنائحية، الجزيئات العضوية المعقدة.

البحث خارج الأرض عن حياة
قريبة من الحياة الأرضية

إذا كانت بضع جزيئات كافية لإطلاق الحياة، فلا بد أن بداية مسيرتها كانت سريعة، وأن الفرص حقيقية لظهورها على أى جسم فى الكون يملك بيئة مشابهة لبيئة الأرض البدائية.

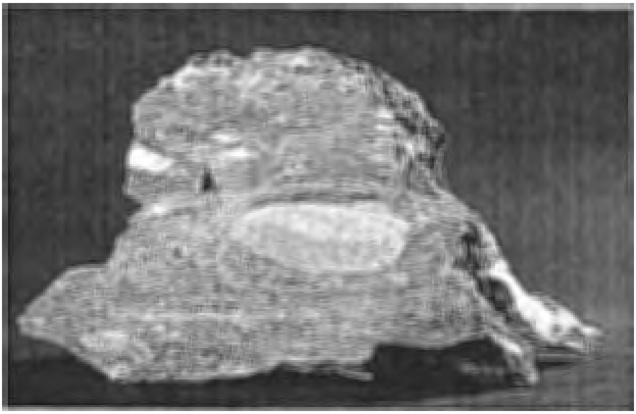
البحث عن حياة خارج الأرض يعنى قبل كل شيء البحث عن وجود مستمر للماء السائل. فإذا كانت المياه موجودة على السطح دل ذلك على وجود غلاف جوى يسمح باستقدام لطيف للجزيئات العضوية بواسطة النيازك المجهرية. وتستطيع الجزيئات العضوية أن تتشكل أيضا فى الينابيع الحارة تحت البحار. وبالتالى فكل محيط خارج الأرض يبدى علامات نشاط مائى حرارى، يشكل موقعًا محتملاً للحياة.

ماذا عن المريخ؟

تظهر عمليات الرصد من قبل البعثات المتتالية إلى المريخ مارينر ٩، فايكينغ ١ و ٢، مارس باث فايندر، ومارس غلوبال سورفاير، تظهر بوضوح أن كوكب المريخ حوى فى شبابه ماءً سائلاً على سطحه وبشكل مستمر (الشكل ٢). والوجود الدائم للماء يفترض حرارة أعلى من الصفر المئوى بشكل ثابت. وغالبًا تم الوصول إلى هذه الحرارة بفضل وجود غلاف جوى كثيف من ثانى أكسيد الكربون مما يولد فعل دفيئة قوية. وبفضل هذا الغلاف الجوى، استطاع كوكب المريخ مراكمة النيازك المجهرية على سطحه كما هى الحال على الأرض. لكن عام ١٩٧٦ لم يتمكن المسباران فايكنغ من اكتشاف جزيئات عضوية أو حياة على سطح المريخ وذلك على عمق بضع سنتمترات. وفى الواقع يبدو أن تربة المريخ تضم مؤكسدات قوية يتم إنتاجها بالانحلال الضوئى فى الجو أو/و آليات كيميائية

ضوئية على مستوى التربة. ووجود المؤكسدات ينفى كل تراكم لجزيئات عضوية على سطح الكوكب. وتوحى حسابات مقلّدة أن انتشار المؤكسدات فى عمق التربة لن يتجاوز عمق الثلاث أمتار. ومن الممكن أن يكون فقدان المادة العضوية على سطح المريخ عائدًا أيضا لآليات تدرّك مباشر بسبب الأشعة فوق البنفسجية الشمسية، لأن جو المريخ يفتقر لطبقة الأوزون الواقية. لكن من المفترض أن هذا التفكك الناجم عن التحلل الضوئى المباشر لا يؤثر إلاّ على أول عشر ميكرونات من سطح حبيبات التربة والصخور. لكن بالمقابل فإن النيازك ALH 84001, EETA 79001, SNC والتى منشأها من المريخ على الغالب، تضم جزيئات عضوية (براك وبيلنغر Brack & Pillinger ١٩٩٨). وحتى لو كانت الأدلة المكتشفة فى ALH 84001 غير قاطعة بالنسبة للجزم حول وجود حياة جرثومية سابقة على المريخ، فإن النيزكين المريخيين شاهدان على وجود جزيئات عضوية فى تربة المريخ. والمكونات التى سمحت بظهور الحياة على الأرض، كانت على الغالب مجتمعة على المريخ. ومن هنا سيكون من المغرى جدا التفكير بأن حياة بسيطة من النموذج الأرضى قد ظهرت وتطورت على الكوكب الأحمر. ولا بد أن تكون المحيطات قد ولّدت كميات كبيرة من الترسبات، التى تشكل المواقع المفضلة للتنقيب عن آثار الجزيئات العضوية والجراثيم المستحاثة، شرط أن تكون بمنأى عن الأشعة فوق البنفسجية والمؤكسدات. ويتوقع البرنامج الفضائى لوكالة NASA المتعلق بالمريخ، إرسال صاروخين فى كل مرور قريب لكوكب المريخ أى كل ٢٦ شهرًا اعتبارًا من ١٩٩٦. وفى عام ١٩٩٧ استطاع الرجل الآلى سوجورنر تحليل ست عينات من تربة المريخ وخمسة صخور من محيط منطقة الهبوط فى Ares Vallis وبدت عينات التربة المحللة مشابهة وقريبة جدا من التى تم تحليلها من قبل المسبارين فايكنغ. وتم تحليل الصخور على عمق بضع ميكرونات فقط، وكانت مغطاة جزئيًا بالغبار من التربة. ويذّكر تركيب الصخور بتلك المشاهدة على

الأرض فى المواقع التى تعرضت لعدة انصهارات، وتقارب بذلك ما نشاهده فى القشرة الأرضية. لكن مع ذلك فالنتائج المستقاة غير كافية للجزم بين المنشأ البركانى أو الرسوبى. وتركز وكالة الفضاء الأميركية NASA كل برنامجها الآن على ما ستحصل عليه عند عودة العينات عام ٢٠٠٥. وسيشارك مركز الدراسات العلمية الوطنى CNES فى هذه المهمة، ويرغب بوضع مخبر على سطح المريخ يسمح بواسطة الحفر باستخراج عينات محمية من الأشعة فوق البنفسجية ومن المؤكسدات (أى من صخور كبيرة أو البنى القريبة تحت الأرض)، وبحيث يتم تحليل هذه العينات فى مكانها بالنسبة إلى محتواها من المواد العضوية والمعدنية والنظائرية (حيث تمتاز الحياة على كوكب الأرض عن المادة المعدنية الصرفة بغناها بالنظير ١٢ للكربون مقارنة مع النظير ١٣، حيث إن التثبيت الأنزيمى لثانى أكسيد الكربون الجوى من قبل النباتات والعضويات المجهرية يفضل منهجيًّا النظير الخفيف من الكربون). ومن جهتها كلّفت وكالة الفضاء الأوروبية مجموعة من علماء الحياة خارج الأرض، بمهمة تحديد المحطة النموذجية للبحث عن آثار الحياة فى المريخ. وأعطيت الأفضلية لاستخلاص وتحليل العينات فى مكانها بحثًا عن الجزيئات العضوية والبكتريا المستحاثة. وسيتم استخراج العينات من تحت التربة الرسوبية بواسطة حفّارة مركّبة على المحطة الثابتة. وأيضا من الصخور المحيطة لكن هنا بواسطة عربة صغيرة آلية مجهزة بحفّارة خفيفة، مما سيمنح بعض القدرة على الحركة للتجهيزات العامة. وهناك نسخة مبسّطة من محطة التحليل المريخى هذه، أطلق عليها البريطانى كولن بيلنغر Colin Pillinger اسم بيغل ٢ Beagle ، تخليدًا لذكرى سفينة شارلز داروين. سيمكن شحن هذه المحطة منذ عام ٢٠٠٣ على متن المهمة الأوروبية Mars Express التى يتم تحضيرها الآن.



الشكل (٢)

أرصاد قامت بها البعثة المريخية مارنير٩ Mariner وفايكنبح ١، ٢ Viking ومارس باثفيندر Mars Pathfinder ومارس جلوبال سيوفيور Mars Global Surveyor وتشير بوضوح إلى أن المريخ قد آوى فى شبابه ماء سائلاً على سطحه بشكل دائم.

تحت جليد أوروبا؟

لقد قدمت المركبة الفضائية غاليليو صورًا جميلة جداعن أوروبا، وهو أحد أقمار المشترى. ففى عامى ١٩٧٩ و ١٩٨٠ استطاع "فوياجر" تصوير أوروبا، وأظهر أن سطحه يغطيه الجليد المقطّع بشقوق عميقة. وتظهر أيضا صور غاليليو كتلاً من الجرف الجليدى وقد دارت حول نفسها، غالبًا نتيجة وجودها على أرضية سائلة. ولا يظهر السطح الكثير من الفوهات الاصطدامية، مما يدل على وجود آلية لإعادة تشكيل السطح بشكل مستمر، بواسطة ظواهر انزلاقية أو بركانية باردة. وحسب أحد النماذج المقترحة فهناك محيط من الماء السائل تحت بضع عشرات الكيلومترات من الجرف. أما الحرارة اللازمة للمحافظة على الماء فى الحالة السائلة، فتقدمها حركات المد والجزر الداخلية الشديدة، التى تتولد عبر التبدلات الشديدة لحقل جاذبية المشترى. ويشكّل انتقال الحرارة من قلب الكوكب نحو

السطح، بطريقة مشابهة للحدثيات المائية الحرارية فى محيطات كوكبنا، منبعًا آخر محتملاً للطاقة الحرارية. وإذا كان الماء السائل موجودًا تحت طبقة الجليد، فمن الممكن أن يحتوى على جزيئات عضوية تنشأ من الحدثيات المائية الحرارية. وبالتالى فإنه من الممكن أن تكون كيمياء عضوية قبل حيوية من النموذج الأرضى قد نمت فيها وقادت إلى ظهور الحياة. وإذا كان القمر أوروبا قد حافظ على نشاط المد والجزر بالإضافة إلى نشاط مائى حرارى تحت الجليد، فقد تكون الحياة الجرثومية ما زالت تنشط فيه حتى الآن. وهذا القمر يبدو أكثر فأكثر، كمكان مختار فى المجموعة الشمسية، قادر على احتواء الماء السائل وحياة جرثومية نشطة. وتُدرس حاليًا مهمات فضائية باتجاه أوروبا.

ما وراء المجموعة الشمسية؟

برهن الفلكيون الراديويون أن الكيمياء العضوية كونية. وفى الواقع فإنه تم التعرف حتى يومنا هذا على ٨٣ جزيئًا عضويًا فى السحب الكثيفة من الغاز والغبار فى الفضاء بين الكواكب.

لكن هل هناك أمكنة أخرى قادرة على احتواء الماء من خارج المجموعة الشمسية؟ فى أيلول ١٩٩٥ اكتشف السويسريان مايور وكيلوز (Mayor & Queloz) جسمًا فضائيًّا حجمه يساوى نصف حجم المشترى حول النجم بيغاس ٥١ Pégase . ولقد نجح هذا الاكتشاف بعد متابعة منهجية لسرعات مئات من النجوم فى مرصد هوت بروفانس. ودقة الأدوات الحالية لا تسمح إلاّ برؤية كواكب قياساتها مساوية للمشترى. ومع ذلك فإن هذا الجسم قريب جدا من النجم وحرارته حوالى ١٥٠٠ درجة، وهى حرارة مرتفعة جدا بالنسبة للحياة. وبعد أربعة أشهر وصف الأميركيان مارسى وباتلر Marcy & Butler جسمين حجمهما ٢،٨ و ٦،٤ ضعف كتلة المشترى قرب النجمتين ٧٠ فرجين فى مجموعة العذراء، و ٤٧ أو ما فى مجموعة الدب الكبير. وهذان الجسمان أبعد عن النجم. أما الكوكب ٧٠ فير Vir ، فهو عملاق وغالبًا غازى وبالتالى غير مناسب للحياة. لكن يمكن، كما هى

حال المشترى وزحل، أن يكون لديه أقمارًا بحجم الأرض حرارتها تسمح بوجـود الماء السائل. وحتى يومنا هذا، فإن الدليل يضم ٢٨ كوكبًا عملاقًا خارج المجموعة الشمسية.

كيف يمكن اكتشاف حياة خارج الأرض؟

إن الإثراء بالنظير ١٢ للكربون، والجهة الواحدة للجزيئات الحيوية، هما من كل بد التوقيعان الأكثر أهمية للحياة الأرضية. وبفضل المهمات الفضائية، أصبحت كواكب المجموعة الشمسية بمتناول التحليل العضوى، المعدنى والنظائرى مباشـرة فى مكان أخذ العينة.

ويسمح التحليل المعدنى للصخور، بالتعرف على البنـى المعدنيـة المرئيـة الناجمة عن نشاط جرثومى (معادن حيوية مثل حجريات الجسم stromatolithes) وأيضا مستحاثات جرثومية مجهرية. وأخيرًا فإن البحث عن حالات غير عادية فى بيئة كوكب ما، كأن يكون حاويًا نسبًا عالية من غاز الميثان فى الجو مثلا، كل هذا يسمح بالتأكيد على وجود حياة جرثومية نشطة.

أما بالنسبة للكواكب خارج المجموعة الشمسية، فإن البحث عن شـكل مـن أشكال الحياة يصبح أكثر صعوبة. الغلاف الجوى للكرة الأرضية يحوى بشكل دائم على ٢١% من الأكسجين، بينما لا يحوى الغـلاف الجـوى للكواكـب الأخـرى بالمجموعة الشمسية، إلاّ على آثار منه.

يرتبط الوجود المستدام للأكسجين بالحياة التى تنمو علـى سـطح الأرض. وبالتالى فإن الكوكب الذى يجب البحث عنه، يجب أن يحوى المـاء والأكـسجين، الذى يمكن التعرف عليه فى شريطه الوصفى الذى يقيس ٧٦٠ نانومتر فى الطيف المرئى للكوكب. ولأسباب عملية، فإنه يبدو أكثر حذاقة البحث عن توقيع الأوزون فى منطقة الطيف تحت الحمراء بقياس ٩،٦ ميكرومتـر. وللتمييـز بـين طيـف الكوكب وطيف النجم، اقترحت مجموعة من الفلكيين الفيزيائيين الفرنسيين، يديرها

آلان ليجه Alain Léger، بناء مقياس للتداخل الطيفى فى الفضاء للأشـــعة تحــت الحمراء مستعملاً خمسة تلسكوبات. ويتم دراسة هذه المنظومة (Darwin – IRSI) فى وكالة الفضاء الأوروبية. بينما تدرس وكالة الفضاء الأميركية NASA منظومة مشابهة أطلق عليها اسم مهمة TPF. أخيرًا فإن اكتشاف إشارة كهرطيسية "ذكيــة" SETI ، سيقدم البرهان الأكيد لوجود حياة خارج المجموعة الشمـــسية. وبرنـــامج التنصت يستحق أن يقدم له كل الدعم، وإن كان بالدرجة الأولـــى، يبقـــى احتمـــال تطور حياة جرثومية خارج مجموعتنا الشمسية وصولاً إلى نظم حية تستغل الطاقة الكهرطيسية، احتمالاً ضعيفًا جدا.

وهناك الكثير من العلماء الذين يـــشعرون أن الحيـــاة الجرثوميـــة ليـــست محصورة على الأرض. يبقى أن يتم إثبات ذلك بالتجربة. وهذا من كل بـــد تحـــد علمى أعظمى بالنسبة للعام ٢٠٠٠.

المراجع:

– BRACK (A.), « L'asymétrie du vivant », *Pour la Science*, dossier hors série, « Les symétries de la nature », juillet 1998, p. 36-43.
– BRACK (A.), « Vie extraterrestre : les charmes de l'improbable », *La Recherche*, n° 317, février 1999, p. 50-52.
– BRACK (A.), « Origine de la vie », Supplément de l'*Encyclopaedia Universalis*, septembre 1999, p. 743-750.
– BRACK (A.), « Sommes-nous seuls ? » *Le Grand livre du ciel*, Bordas, octobre 1999, p. 92-115.
– BRACK (A.), « La chimie à l'origine de la vie », *Pour la Science*, n° spécial, décembre 1999, p. 79-80.
– BRACK (A.), *The Molecular Origins of Life : Assembling Pieces of the Puzzle*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
– BRACK (A.), FITTON (B.) et RAULIN (F.), *Exobiology in the Solar System & the Search for Life on Mars*, ESA Scientific Publication, SP 1231, 1999.
– BRACK (A.), *Life in the Solar System*, Adv. Space Res. 24, 1999, p. 417-433.
– RAULIN (F.) et BRACK (A.), « La vie dans le système solaire », *Pour la Science*, dossier hors série, avril 1999, p. 40-42.

الدمـاغ

من البيولوجيا الجزيئية إلى العلوم الاستعرافية (الإدراكية)(٣)

بقلم: جان-بيير شانجو

Jean-Pierre CHANGEUX

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

أظهر فرنسوا جاكوب كيف يمكن للكائنات الحية أن تصف ذاتها بأنها حالات متميزة من تعضى المادة، وأننا نستطيع وصف خواصها دون الرجوع إلى قوى أخرى غير قوى الفيزياء والكيمياء. وأكّد أيضًا أن التقدم فى مجال البيولوجيا الجزيئية، وفهم الكائنات الحية على مستوى الجزيئات والذرات، قد وقّع نوعًا ما، على وثيقة وفاة مبدأ الحيوية أو الرجوع إلى قوى حيوية غير مادية. ما حال دماغنا ووظائفه؟ وما حال الروح الإنسانية؟

لن يكون مرامى أن أجيب بطريقة قاطعة على هذا السؤال الصعب، لكن أن أحاول سحب هذا التفكير الذى بدأ فيه فرنسوا جاكوب على حالة تَعضّى المادة هذه، لكن فى مجال أكثر تعقيدًا بمراحل من الخلية الجرثومية أو الجنين: أعنى دماغ الإنسان.

سأحاول، متحملاً المخاطر، أن أوضح المفهوم التالى: إن دماغنا، وهو عضو المعرفة، ليس إلاّ آلة كيميائية، أو منظومة مادية، فى تطور مستمر، من جهة مغلقة على نفسها ضمن منظومة واعية، ومن جهة ثانية منفتحة على العالم المادى، الاجتماعى والثقافى. لكن تعقيد الدماغ وقدرته على التكيّف والإبداع،

(٣) نص المحاضرة رقم ٣ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣ يناير ٢٠٠٠.

وصلت إلى مرتبة عالية لدرجة أنها تفرض علينا للتقدم فى فــك رمــوز تنظيمــه الوظيفى، أن نلجأ فى الوقت نفسه معًا، إلى مفاهيم وطرق واختــصاصات كانــت حتى الآن غالبا متفرقة، تمتد من البيولوجيا الجزيئية إلى علم الــنفس والاجتمــاع، ولماذا لا؟ إلى الفلسفة أيضا. وسأختم مستنتجًا أنه ليس من الضرورى أن نلجأ إلى قوى جديدة أو إلى تأثيرات سرية وغير مادية، لتوضيح منــشأ المنتجــات الأنبــل لجنسنا، والتى نصفها غالبًا "بالروحية".

نحن نجهل الكثير من الأمور، لكن أرفض أن أقول إننا سنجهل. طبعًــا إن معرفتنا بالدماغ محدودة جدا، وستبقى كذلك لفترة طويلة. لكن لن يقبــل ولا عــالم فكرة وجود حدود تتوقف عندها المعرفة حتى لو كانت معارفه ستبقى دائمًا محدودة ضمن النماذج النظرية والتقنيات التى يستعملها. وإحدى الميزات المتفــردة لطــرق البحث العلمى، مقارنة مع باقى النشاطات الإنسانية، هى أنها فى حالة تقــدم دائــم. ونحن هنا لنشارك فى تقدم المعرفة هذا. ولقد حان الوقت لنناقش بعــد قــرن مــن الزمن، اقتراح فرويد القائل: "يجب أن نتذكر أن كل معارفنا النفسية هــى مؤقتــة، ويجب أن تؤسس يومًا ما على أرضية الركــائز العــضوية". مــا هــذه الركــائز العضوية؟ هل هى جزيئات أم حدثيات فيزيائية وكيميائية؟

بعد عرض موجز لبعض الأمثلة عن هذه الحدثيات الكيميائية، سأتابع مسيرة لن تطرق الاختزال لكن إعادة البناء. وسأختار من ضمن الجزيئات التــى تــشكل دماغنا، تلك التى تتدخل فى إرسال الإشارات بين الخلايا المؤلفــة لهــذا الــدماغ. وسأسعى لتبيان كيف يمكننا إعادة تجميعها بالتدريج وإعادة تركيبها، لنحصل ولــو بطريقة مبسّطة وحتى الآن مؤقتة، على منظومة تملك بعض الخــواص المميــزة لدماغ الإنسان.

إن الدماغ الإنسانى شديد التعقيد. والكل يعرف تــشريحه بنــصفى الكــرة المخيتين، وأخاديدها وتلافيفها المتعددة، المادة الرمادية والمادة البيضاء. ويتركــب المخ من عدد كبير جدا من الخلايا العصبية يوجد منها حوالى مئة مليــار خليــة،

يضاف لها عدد مماثل من الخلايا الداعمة أو الخلايا الدبقية gliales. والروابط التى تتم بين الخلايا العصبية، هى أيضا غنية جدا وتصل إلى مليون مليار.

وهناك ميزات عديدة فى تنظيم دماغنا تنم عن انتمائنا إلى الجنس البشرى. فدماغ الإنسان يختلف فى العديد من النقاط عن دماغ القرد، وإن كان قريبًا منه. طبعًا هناك العديد من المناطق موجودة لدى النوعين، نذكر منها مناطق الأوامر الحركية والرؤية. لكن هناك وحدات موجودة عند القرد إنما تكون أعم وأكبر بكثير لدى الإنسان، كما هى الحال للمناطق الصدغية والجدارية التى تتداخل فى فهم وإنتاج الكلام، وخاصة أيضًا، قشر الفص الجبهى الذى وصفه عالم الأعصاب الروسى ألكساندر لوريا Alexandre Luria بأنه عضو الحضارة.

إن دماغنا هو حصيلة التطور البيولوجى، والتطور الوراثى الذى يجعل الإنسان والقرد ينحدران من جدود مشتركة. لكنه أيضا مركز لأشكال أخرى من التطور من نوع فوق وراثى: أولاً تطور الفرد، بما أنه خلال التطور، تتكاثر الخلايا العصبية وتتصل فيما بينها، لكن أيضا تطور المحيط الاجتماعى والثقافى الذى سينمو الطفل فيه، والذى سيترك بصماته على دماغه خلال نموه. أخيرًا، يمكننا أن نقول إن تطور حالاتنا الفكرية يحدث فى الأزمنة النفسية. لكن كل هذه التطورات، الخاصة بكل فرد، أكان ذلك على المستوى التشريحى أو على المستوى الوظيفى، تترابط فى دماغنا، فى تركيب معقد ومتميز تنظيميًا ووظيفيًا.

العصبون le neurone

فى نهاية القرن ١٩ ، افتتحت ثورة لا سابق لها التطورات السريعة لعلوم الدماغ اللاحقة. لقد قاد التقدم الحاصل فى مجالات البصريات المجهرية، وتقنيات تلوين الخلايا العصبية، عالم التشريح الإسبانى سانتياغو رامون ى كاخال Santiago Ramon y Cajal ، لاقتراح مفهوم عن الخلية العصبية كان فى حينه مناقضًا للرأى العام السائد. وكان النقاش يدور حول الطريقة التى تمتلك فيها

الخلايا العصبية لاستطالات طويلة متفرعة: التغصنات dendrites والمحوار بفروعه الجانبية وتشجره النهائى. وكانت تتجابه نظريتان حول اتصالهما النهائى: النظرية الشبكية والنظرية العصبونية.

تقول النظرية الشبكية أن كل هذه الخلايا العصبية تشكل فيما بينها شبكة مستمرة، وأن هناك شكلاً من القنوات الدقيقة، وألياقًا خاصة توّحد هذه الخلايا مع بعضها بشكل متواصل. أما النظرية المعاكسة، والتى كان يدافع عنها رامون ى كاخال، فكانت تقول إن الخلايا العصبية تشكل وحدات متفردة ومستقلة، لكن متجاورة فيما بينها. وكان لهاتين النظريتين ركيزة أيديولوجية أيضا. لأنه إذا كانت هذه الشبكة متواصلة، فإن النفس تستطيع الولوج إلى هذه الشبكة والعبور بسهولة أكبر من خلية إلى أخرى. أما إذا كانت الخلايا فقط موضوعة الواحدة جانب الأخرى، نشأ لدينا انقطاع فى التواصل، وتحتم عبور هذا الحاجز. وكان هذا يطرح مشكلة كبيرة للذين يعتقدون أن نفسًا طيارة تتنقل عبر كل ذلك.

وأثبتت التجربة صحة نظرية رامون ى كاخال: فالخلايا العصبية هى متجاورة وليست متواصلة فيما بينها. إن الخلية العصبية وحدة تشريحية ووظيفية. والنهايات العصبية متجاورة الواحدة مع الأخرى على مستوى بنى متخصصة أطلق عليها اسم المشابك synapses من قبل شرينغتون Sherington.

الاتصال الكيميائى بين العصبونات

إن دماغنا ليس آلة جامدة. وهناك أنواع عديدة من الإشارات التى تنتقل داخل الآلة العصبية. والإشارات الأساسية هى النبضات الكهربائية التى تنتقل بسرعة أقل من سرعة الصوت، ونجدها عند قنديل البحر وصولاً إلى قشر المخ فى الإنسان. وتنتقل هذه الإشارات على طول المحوار بطريقة غير ملفتة للنظر، على مبدأ "كل شيء أو لا شيء"، وذلك من جسم الخلية وصولاً إلى النهاية العصبية. يمكن قياس هذه الموجة الكهربائية البسيطة بواسطة تجهيزات فيزيولوجيا

كهربائية، وتبلغ سعتها حوالى مئة ميلى فولت أى ٠,١ من الفولت. ويمكن تسجيل مجموع النشاطات الكهربائية الحاصلة فى قشر المخ على شكل تخطيط الدماغ الكهربائى. ويستعمل هذا التخطيط بشكل شائع لكشف اضطرابات الوظيفة الدماغية مثل التى نلاحظها فى نوب الصرع. ويمكن تفسير كل موجة كهربائية بمفردها وبشكل كامل، على أنها انتقال جزيئات مشحونة، هى الأيونات (أو الشوارد) عبر غشاء الخلية. ويمكن إعادة النشاط الكهربى البسيط للدماغ إلى آليات فيزيائية – كيميائية بحته، وهذا استنتاج خطير على المستوى الفلسفى والإيديولوجى، وأنا أتحمل مسئوليته.

ويمكن إطلاق هذه الموجات الكهربائية البسيطة بالتفاعل مع العالم الخارجى، لكن لها أيضا أن تظهر عفويًا. ويتظاهر الفكر كوظيفة معقدة ومركبة بشكل خاص فى دماغنا. وهو ينشأ بصورة عفوية، دون أن يكون بالضرورة خاضعًا لتفاعل مع العالم الخارجى. ويمكن لهذا أن يحدث لأن الخلية العصبية، وبالتالى الدماغ، تمتلك خاصية تنفرد بها، وهى إنتاج نشاط عفوى، ونبضات كهربائية داخلية، يمكن لها مع الزمن أن تنتظم فى ذبذبات، منتظمة أو على شكل متتابع. وفى كل الأحوال، فالأمر يتعلق بحدثيات فيزيائية – كيميائية. لكن هذا يطرح مشكلة جديدة.

إذا كانت نظرية العصبون صحيحة، فما الذى سيحدث على مستوى الاتصال بين الخلايا العصبية؟ كيف ستتمكن الموجة الكهربائية من الانتقال من خلية عصبية إلى أخرى بواسطة المشبك؟

يمكن التعرف على المشبك بواسطة المجهر الإلكترونى بتجاور بنيتين متمايزتين. من جهة النهاية العصبية، التى يمكن التعرف عليها بوجود حويصلات صغيرة سنفهم بعد قليل دورها، وتقيس هذه النهاية حوالى ١ مكرومتر أى مثل قياس الجرثوم. تجاور هذه النهاية العصبية الخلية التالية لها على مستوى بنية غشائية كثيفة على الإلكترونات. يوجد إذًا مسافة يجب قطعها بين وجهى المشبك.

وهذه المسافة كبيرة نسبيًا، إذ تقيس حوالى ٠,١٥ إلى ٠,٢٥ ميكرون، وبالتـــالى لا يستطيع التيار تجاوزها للانتقال من خلية إلى أخرى عبر المشبك.

وهنا تتدخل الكيمياء إجباريا كنقطة وصل كهربائى، وذلك فى معظم مشابك جهازنا العصبى وبشكل خاص فى دماغنا. إذ أن هذا الأخير يحوى موادًا كيميائيـــة تم التعرف عليها فى بداية هذا القرن، وتفيد فى نقل الإشارات بين الخلايا العصبية. ولهذا دعيت النواقل العصبية.

وأحد هذه النواقل يدعى الاستيل كولين. ويتم تركيبه فى النهايـــة العـــصبية ويتم تخزينه فيها ضمن الحويصلات التى ذكرتها سابقًا. والسيالة العصبية، عنـــدما تجتاح النهاية العصبية، تؤدى بآلية إفراز كهربائية، إلى تحرير هذا الناقل العصبى وإطلاقه فى المسافة المشبكية، وذلك على شكل نبضة كيميائية، وسيرتفع التركيـــز فجأة من ١٠$^{-٩}$ جزيئى إلى ١٠$^{-٣}$ جزيئى. وهذه القفزة فى التركيز عابرة، وتـــدوم حوالى ١ ميللى ثانية وتتطابق مع انتقال الرسالة الكيميائية بين النهايـــة العـــصبية والخلية التالية. تجتاز هذه النبضة الكيميائية المسافة المشبكية بالانتشار حتى تـــصل إلى الغشاء بعد المشبكى. وعند هذا المستوى يجب أن يتم إعادة تحويل الإشارة من كيميائية إلى كهربائية: يحصل لدينا تنبيـــغ transduction كيميـــائى – كهربـــائى. تشكل هذه المشابك الكيميائية الجزء الأساسى من المشابك فى دماغنا. وآلية نقطـــة الوصل الكيميائية البسيطة نسبيًا تدوم حوالى ميللى ثانية أو أكثر قليلاً بالنسبة لكامل الآلية. وهذا يخلق حاجزًا زمنيًا، أو الزمن الحرج بالنسبة لعمل المخ البشرى. وقـــد نتساءل لماذا لا يعمل الدماغ زمنيا بمقاييس النانو ثانية عوضًا عن الميللى ثانية، أو ربما أسرع من ذلك أيضًا؟ لأن مشابكنا لديها أزمنة حرجة للعمـــل، هـــى بحـــدود الميللى ثانية، وأن سرعة انتشار الإشارات فى جهازنا العصبى تفرض ضـــغوطات على عمل كامل الدماغ. وفى الواقع نحن لا نستوعب أن ما اتفـــق علـــى تـــسميته الزمن النفسى، تحدده خواص جزيئية بسيطة بهذا الشكل.

ومن النواقل العصبية نذكر: الاستيل كولين، الدوبامين، النـور أدرينـالين، الحمض غاما امينوبوتيريك أو الغليسين. وبعض هذه النواقل العصبية مثل الاستيل كولين أو الغلوتامات هى نواقل مثيرة، ويعنى هذا أنها ستسبب توليد دفق عـصبى فى الغشاء ما بعد المشبك، وبعضها الآخر مثل حمض الزبدة الغاما أمينـى هـى نواقل عصبية مثبطة، أى أنها ستثبط إطلاق الدفق العـصبى. ويمكـن للعـصبون الواحد أن يركب حتى خمسة أو ستة من هذه النواقل العـصبية. ويملـك بالتـالى مجموعة كيميائية متنوعة ستسمح له بالاتصال مع عدد كبير نسبيًا مـن شـركائه وبالتالى مضاعفة إمكانات التفاعل بين هذه العصبونات.

ويثير هذا الاكتشاف سؤالاً غنيًا بالنتائج: إلى أى حد تتـدخل هـذه المـواد الكيميائية فى آليات تنظيم الوظائف الأساسية لدماغنا؟ أو لنفسيتنا؟ نحـن نعلـم أن عددًا كبيرًا من المواد، التى نجملها تحت بند المخدرات تؤثر على جهازنا العصبى، مثل المورفين والتترا هيدروكانابينول (المادة الفعالة فى الحشيش). ما آلية تأثيرها؟ تبرهن مجمل النتائج الحديثة التى تم الحصول عليهـا حـول هـذا الموضـوع أن المـورفين يـشابه فـى بنيتـه اللـو-انكيفـالين leu - enképhaline، وأن التتراهيدروكانابنيول يشابه الأنانداميد: وكلاهما من النواقل العصبية فـى جهازنـا العصبى المركزى.

لقد ذهب الإنسان إلى عالم النبات الطبيعى، باحثًا عن مواد متنوعة يمكن أن تؤثر على جهازه العصبى المركزى على مستوى الوظائف الكبيرة مثل التحفيـز، الألم أو اللذة. هذه المخدّرات هى بشكل أو بآخر، تمثيلات اجتماعية لمواد كيميائية نملكها فى دماغنا.

تمت دراسة كيمياء الاتصالات بين الخلايا العصبية بالتفصيل خلال السنوات الأخيرة، فى البداية على مستوى إطلاق النواقل العصبية. إذ أن هناك عدد كبير من الجزيئات التى تساهم ليس فقط بتركيب وتخزين النواقل العصبية، بل أيضا علـى إطلاقها عند وصول السيالة العصبية إلى النهاية العصبية. وبالتالى طُرح الـسؤال

حول فهم ما يجرى فى الجهة الثانية من الشق المشبكى، أى عندما يتصل الناقل العصبى هذا مع الغشاء لخلق إشارة كهربائية، التى يمكن أن تكون إشارة منبهّة كما هى الحال بالنسبة للاستيل كولين أوالدوبامين، أو إشارة مثبطة، كما هى الحال بالنسبة لحمض الزبدة الغاما أمينى أو الغليسين.

مستقبلات النواقل العصبية: من الكيمياء إلى الكهرباء

إن دريئة الناقل العصبى هى المستقبل النوعى له، الذى يتدخل فى آلية التنبيغ transduction الكيميائى – الكهربائى. وهذا المستقبل هو أيضا هدف بعض المواد الفعّالة دوائيًا، والمخدّرات والسموم. وبفضل هذه العوامل الكيميائية تم التعرف عليه فى الغشاء بعد المشبك.

وفى سبيل ذلك، كان من الضرورى العثور على نسيج متجانس وغنى جدا بالنهايات العصبية. ما النسيج الذى يمكن استعماله لعزل أحد مستقبلات النواقل العصبية؟ انصبت الجهود البدئية على مستقبل الاستيل كولين، الذى هو أيضا مستقبِل لعقار شائع ألا وهو النيكوتين. إن دماغنا غير متجانس بشدة؛ وهو يحوى العشرات من النواقل العصبية، ويضم المئات من أنواع العصبونات. لكن هناك سمكة تولد كهرباء معروفة منذ العصور القديمة، تدعى الطوربيد، قدمت لنا هذه السمكة النسيج المتجانس جدا الذى نبحث عنه. والعضو الكهربائى الذى يولد شحنات كهربائية من ٢٠ إلى ٥٠ فولت وبضع عشرات من الأمبير، يتألف من مجموعة واسعة جدا من المشابك متشابهة كلها فيما بينها، وعددها مقارب لعدد عصبونات دماغنا. بالإضافة لهذا العضو الكهربائى كنّا بحاجة إلى علاّم كيميائى يسمح لنا بملاحقة أثر المستقبِل والتعرف عليه. قدّم لنا ثعبان سام خطير جدا هو البونغار هذا العلاّم.

تكمن سمّية سم البونغار أو الكوبرا فى أنه يحوى ذيفانات toxines تؤثر بشكل اصطفائى جدا على بعض الأهداف المحددة بما فيها المشابك. وذيفان السم

من النموذج ألفا يؤثر على مستوى الوصل العصبى – العضلى، كما يفعل الكورار، مؤديًا إلى إحصار عليه بطريقة نوعية جدا وتقريبًا غير معكوسة. سمح لنا جعل هذا الذيفان مشعًّا بملاحقته إلى مستقبل الاستيل كولين الذى يتدخل فى تتبيغ الإشارة الكيميائية – كهربائية فى العضو الكهربائى.

وعندما نفحصه بالمجهر الإلكترونى يبدو هذا المستقبِل مثل زهرة صغيرة يقيس قطرها عشرة من المليار من المتر، مؤلفة من خمس وريقات وقلب محب للماء. وزنها الجزيئى ٣٠٠,٠٠٠ وتحمل مواقع ارتباط للناقل العصبى بالإضافة إلى قناة شاردية ionique. وينجم التتبيغ الكيميائي– الكهربائى عن المزاوجة بين ارتباط الناقل العصبى وانفتاح القناة الشاردية.

ومؤخرًا تمت دراسة أحد المواقع الفعّالة للغلوتامات glutamate وهو أحد المستقبِلات للوسطاء العصبيين، وذلك بواسطة التصوير البللورى، وتم التعرف على بنيته الذرية. والاكتشاف المهم كان التعرف على أنه يوجد تشابه مذهل فى البنية مع بروتين جرثومى يثبت أيضا الحموض الأمينية مثل الغلوتامات. إذن يوجد فى دماغنا جزيئات عمرها أكثر من مليار سنة لأنها تتحدر من بروتينات جرثومية حافظت على بنيتها رغم أنها غيرت وظيفتها. وهذا يبرهن على الاقتراح الذى قدّمه فرنسوا جاكوب فى عرضه التقديمى أنه "يوجد وحدة مذهلة فى التنظيم الجزيئى للكائنات الحية".

ويسمح تحليل بنية القناة الشاردية، المرتبطة بهذا الموقع المستقبل، بفهم ما الذى يجعل القناة تتعرف على شرسبة cation أى تكون منبهّة كما هى حال مستقبِل الاستيل كولين، أو التعرف على شرجبة anion أى تكون مثبطة كما هو حال مستقبِل حمض الزبدة الغاما أمينى. ويتدخل هذان النمونجان للأقنية مباشرة فى السيطرة على وظائفنا الدماغية. وهناك برهان ممتاز سيقنع عددًا متزايدًا للأسف من مستعملى المهدئات مثل الفاليوم والليبريوم، تقدمه طريقة عمل هذه المهدئات. تتدخل هذه العوامل الدوائية أى البنزوديازيبيمات ليس مباشرة على مستوى القناة،

لكن على انفتاح القناة المرتبطة بمستقبِل حمض الزبدة الغاما أمينى. وبآلية تقوية الفعل المثبط لهذا المستقبِل، تؤثر هذه المهدئات على جهازنا العصبى المركزى.

وهذه الملاحظة التى تدهشنا ببساطتها تثير السؤال الفاصل بالنسبة للآلية التى يقوم بها الناقل العصبى، عند تثبتّه على موقعه، لفتح القناة الشاردية. والنظرية التى قدمتها منذ سنوات تقول إن انفتاح القناة الشاردية يستدعى عمل زناد جزيئى، أو مبدّلة كهربائية commutation تنطلق عندما يتثبت الناقل العصبى على موقعه. وآلية المبدّلة الكهربائية هذه تشبه فى كثير من النقاط تلك الملاحظة مع الأنزيمات الجرثومية المنظّمة، ومع خضاب الدم الذى ينقل الأكسجين فى كرياتنا الحمراء. هذا هو إذن النموذج المتفق عليه لانفتاح القناة الشاردية، ولتبليغ الإشارة بواسطة الناقل العصبى: تبدل بسيط فى التشكّل يفتح القناة عندما يكون الناقل العصبى موجودًا، وعندما يختفى بالانتشار تنغلق القناة، ويعود الجهاز إلى وضعية الراحة. أى أن هذا شكل من أشكال القفل الجزيئى الذى يفتح ويغلق عندما يدخل فيه مفتاح الناقل العصبى أو يخرج منه.

يوجد أيضا أوضاع تشكيلية أخرى للمستقبلات تعتبر مهمة بالنسبة لآليات تدوم فترة أطول، أى للذاكرة. لا تظهر أوضاع التشكل هذه إلاّ من بضع ثوان إلى دقيقة بعد البدء بتطبيق الناقل العصبى. تتدخل مستقبلات النواقل العصبية إذن ليس فقط فى آليات التبليغ التى تخدم فى نقل الإشارات بين الخلايا العصبية، لكن أيضا فى آليات التذكّر والمحافظة على آثار نشاط جهازنا العصبى المركزى على مستوى هذه الجزيئات الموجودة فى المشابك.

وهذه المستقبلات موجودة بأعداد كبيرة فى دماغنا وأيضا فى أجهزة حواسنا البصرية والشميّة وأيضا الذوقية. وهناك مجموعة مذهلة من الجزيئات القادرة ليس فقط على التدخل فى استقبال الإشارات الفيزيائية والكيميائية القادمة من العالم الخارجى، الإشارات الضوئية، الإشارات الميكانيكية مثل الإشارات السمعية، لكن

أيضا المساهمة بالنشاطات الداخلية فى جهازنا العصبى المركزى وبالتالى فى الوظائف العليا لدماغنا.

وبالنتيجة فإنه يظهر نتيجة كل الأبحاث التى أجريت على مستقبل الاستيل كولين ومستقبل الغلوتامات وغيرها من المستقبلات، وإن كانت لا تتبع كلها تمامًا النموذج الجزيئى ذاته، يظهر أن كل نشاطاتنا الدماغية هى ليست فقط نشاطات كهربائية تنتشر فى أعصابنا لكن أيضا نتيجة تتبيغ كيميائى – كهربائى بواسطة نظم جزيئية من النواقل العصبية ومن مستقبلاتها.

لقد نزلنا من الخلية العصبية إلى الجزىء، ومن الجزئ إلى الذرة. وحتى هنا لم نضطر أن نلجأ إلى آليات أخرى أو قوى أخرى لا يمكن تفسيرها بمصطلحات مادية وفيزيائية – كيميائية.

وانطلاقًا من معرفة المستوى الجزيئى ومن تنظيم الخلايا العصبية وعلاقتها بعضها ببعض سأحاول معكم وبسرعة أن نعاود الصعود إلى الوظائف الكبرى للجهاز العصبى المركزى.

الجزيئات والاستعراف

توظف الآليات الاستعرافية بنى عصبية فى مستوى تنظيمى أرفع بكثير من المستوى الجزيئى والخلوى. ولا يمكننا أن نتقدم فى غابة المشابك الدماغية إلاّ إذا بنينا نماذجًا بسيطة، وبالضرورة مجزأة، للمدارات المفعّلة فى تصرف معين أو وظيفة نفسية محددة. والنموذج سيكون بسيطًا جداولن يكون شاملاً بالطبع. ولقد ركزنا جهودنا ستانسلاس دوهينى Stanislas Dehaene وأنا على القشر الجبهى، وهى منطقة من قشر المخ تزداد مساحتها بسرعة خاطفة من القرد إلى الإنسان.

لقد تخيل أطباء الأعصاب اختبارات متعددة لكشف إصابات القشر الجبهى لدى المرضى. فإذا كان لدى مريض أذية فى القشر البصرى فإنه لا يرى، وإذا

كانت الإصابة فى القشر السمعى فإنه لا يسمع. والحالة هنا سهلة. لكن من الصعوبة بمكان إيجاد اختبار يقيّم عمل هذا القشر الجبهى. واستطاع باحثون أميركيون من جامعة ويسكنسن وضع الاختبار وسمى لذلك "اختبار وسكنسن Wisconsin لفرز البطاقات".

وتحتوى البطاقات المستعملة فى الاختبار على رسومات من ألوان وأشكال وأرقام مختلفة. وتوجد مجموعة مرجعية من البطاقات، ومجموعة أخرى من بطاقات الأجوبة موضوعة أمام المُختبر. يطلب الفاحص من المفحوص أن يرتب البطاقات الجوابية حسب قاعدة ما. يأخذ الطالب بطاقة جوابية ويحاول أن يرتبها مثلاً حسب اللون. فإذا كانت هناك إشارات صليب بلون أحمر فإنه سيرتب هذه البطاقة مع البطاقة المرجعية ذات اللون الأحمر. فيقول الفاحص: "نعم هذا جيد". وبالتالى يأخذ بطاقة أخرى من المجموعة لونها أحمر. وسيضعها مقابل البطاقات الحمراء، ... إلخ. إلى أن يقول الفاحص: "لا هذا خطأ". الفاحص هنا غيّر القاعدة دون تحذير المفحوص، الذى عليه أن يكتشف أن الفاحص قد غيّر القاعدة وأنه يطّبق قاعدة جديدة، ستكون مثلاً التصنيف حسب العدد أو الشكل، وهكذا دواليك. وتنشأ هكذا لعبة قائمة على مبدأ التجربة والخطأ بين الفاحص والمفحوص لاكتشاف قاعدة التصنيف المخفية. وسيكتشف المفحوص بعد عدة ألعاب بالورق القاعدة التى يطبقها الفاحص بطريقة ضمنية.

أمّا المريض الذى يشكو من أذية فى قشر المخ الجبهى فسيجد صعوبة فى اكتشاف القاعدة الجديدة. فهو سيخطىء وغالبًا يصر على خطئه ويستمر فى تطبيق القاعدة السابقة، ولن ينتبه إلى أن القاعدة قد تغيرت. وتكون العملية الاستعرافية للفهم مضطربة لدى هذا المريض المصاب بآفة فى الفص الجبهى.

لقد حاولنا بناء نموذج عصبى للآليات الدماغية التى تتدخل فى اختبار فرز البطاقات هذا. وليكون فرد ما قادرًا على التعرف على قاعدة، يجب أن تكون هذه القاعدة موجودة أولاً فى دماغه، مثلاً تحت شكل من حالات نشاط لمجموعة من

الخلايا العصبية. والقاعدة التى ترمّز للشكل، والقاعدة التى ترمّز من أجل اللون، والقاعدة التى ترمّز لرقم، لهذه الرسومات "ممثلة" عبر حالات النشاط العصبونى هذه. تم تصميم هندسة الشبكة بحيث، إنه فى لحظة معينة تكون مجموعة واحدة فقط من العصبونات التى ترمّز العملية الراهنة، فعّالة، وتكون المجموعات الأخرى مثبّطة. فمثلاً عندما تكون مجموعة الخلايا العصبية التى ترمّز "اللون" فعالة، فإن العضوية ستجيب بحيث يكون خيار البطاقة مطابقًا للون مهما كان هذا اللون. فإذا كانت البطاقة صحيحة، أعطى الفاحص جوابًا ايجابيًا. وهنا تتدخل منظومة أخرى من الخلايا العصبية: وهى عصبونات المكافأة التى ستنقل إلى دماغ المفحوص جوابًا ايجابيًّا، وبمعنى آخر، مكافأة. تطلق عصبونات المكافأة هذه ناقلاً عصبيًّا خاصًّا يثبّت مجموعة الخلايا العصبية التى رمّزت للقاعدة "لون". كيف يتم هذا التثبيت؟ بتغيير فعالية مشابكها على المستوى الجزيئى، سيتم تثبيت مستقبلات النواقل العصبية فى حالات تشكيلية تحافظ مثلاً على الإثارة الذاتية لمجموعة العصبونات التى ترمّز القاعدة "لون". ويقترح هذا النموذج أن دماغ المفحوص يحتوى آلية معينة تسمح للعضوية باختبار قاعدة على العالم الخارجى، وإذا كان الجواب ايجابيًّا تقوم بتمتين هذه النظرية. فى الواقع هذا مخطط مبسط جدا لعضوية صناعية تستطيع أن تجتاز اختبار ويسكنسن بنجاح.

تم استكشاف آليات المكافأة الموجودة فى دماغنا من قبل العالم أولدس Olds منذ سنوات، وذلك بعد اكتشاف تم مصادفة. كان هذا الباحث قد زرع مسارى كهربائية لتنبيه دماغ جرذ. لكنه لاحظ رد فعل غريب "بالمتعة" عندما كان يرسل شحنة كهربائية عبر مسرى التنبيه. فركب جهازًا يسمح للجرذ عندما يضغط على دواسة أن يرسل شحنة كهربائية لنفسه. وكانت مفاجأته كبيرة عندما اكتشف أن الجرذ كان يحرض ذاته عفويًّا. وفى حال كان المسرى الكهربائى موضوعًا فى منطقة من العصبونات التى تستخدم الدوبامين كناقل عصبى، فإن الجرذ ليس فقط يستمتع بتحريض ذاته ولكنه لا يتوقف عن ذلك. وحتى لو حرم من الطعام، وحتى لو قدّم له شريك مثير جنسيًّا، فإنه يتابع التحريض الذاتى. وهو لا يتوقف إلاّ لينام

ثم يتابع ذلك باقى النهار. والظاهرة ذاتها تحدث إذًا عوضًا عن التحريض الكهربائى، فقد تم حقن الجرذ فى وريده بمحلول من الكوكائين أو حتى من ... النيكوتين.

واهتممنا طبعًا بالتعرف على دريئة النيكوتين فى تجربة من التحريض الذاتى. واستعملنا لذلك فأرة فيها طفرة أدّت إلى فقدان جينة ترمّز وحدة جزئية من مستقبل النيكوتين. هل ستتأثر قدرة هذه الفأرة على التدرب؟ وبشكل خاص فى قدرتها على الحقن الذاتى بالنيكوتين؟ تعّرض الفأرة لاختبار تدريبى يدعى التحاشى السلبى ، ويتم ذلك بوضعها فى حجرة مضاءة مجاورة لحجرة مظلمة. وعفويًا، كما تعرفون، تخرج الفئران من جحرها فى الليل. لذا تدخل الفأرة الحجرة المظلمة، وهنا تتلقى صدمة كهربائية. هل ستتذكر الفأرة هذه الصدمة الكهربائية فى الغد؟ فى حال الإيجاب ستبقى الفأرة فترة أطول فى الحجرة المضاءة ولن تعود إلاّ متأخرة إلى الحجرة المظلمة. لكن فى حال حقن النيكوتين مباشرة بعد التعرض للصدمة الكهربائية ثم قياس الزمن الذى تحتاجه لدخول الغرفة المظلمة فى اليوم التالى، فإننا نجد أن هذا الزمن هو أطول مما هو عليه عند مجموعة المقارنة التى لم يتم حقنها بالنيكوتين. وبالتالى فإن مادة النيكوتين تساعد على تذكّر الصدمة الكهربائية المزعجة وبالتالى تسهل التدريب النفورى.

لكن عند الحيوان الحامل للطفرة فيفقد تأثير النيكوتين. ومما يثير الدهشة أكثر أن الفأرة الحاملة للطفرة، بغياب النيكوتين، تبقى فترة أطول فى الحجرة المضاءة أكثر من الفأرة البرية، كما لو أنها كانت تملك قدرة تدرب أفضل. وتم تعريض الفأرة حاملة الطفرة ذاتها لبروتوكول التحريض الكيميائى الذاتى. فالفأرة العادية تحقن ذاتها بسهولة وعفويًا بالكوكائين. لكن يجب تدريبها على الكوكائين حتى تحقن ذاتها بالنيكوتين. أما لدى الفأرة حاملة الطفرة، فيحدث ضياع للحقن الذاتى بالنيكوتين دون ضياع الحقن الذاتى بالكوكائين. أى أن الفأرة لم تعد حساسة للتأثير الممتع للنيكوتين. يوجد والحال هذه علاقة بين قدرة الفأرة على إتمام مهمات تدريبية وقدرتها على الحقن الذاتى بالنيكوتين.

قبل كل شىء تعتبر هذه النتيجة متوافقة مع الفكرة القائلة أن نظم المكافأة تتدخل فى عملية التدرب، كما يقترح ذلك النموذج المعروض. ثم يظهر أن إصابة جزيئية مثل ضياع مستقبل النيكوتين هنا، يمكن أن تغير وظيفة التدرب. وهذه أول وأبسط مواقعة بين المستوى الجزيئى والمستوى الاستعرافى أو الإدراكى. ونحن طبعًا ما زلنا بعيدين عن فهم كل الروابط التى يمكن أن تكون موجودة بين المستوى الجزيئى والمستوى الاستعرافى. لكن هذا ليس إلاّ بداية.

النتيجة : الروح للجسد.

ما هى حال وظائف أكثر تعقيدًا فى الدماغ مثل الوعى. نستطيع التدخل على هذا المستوى لنقترح نماذج، أو مخططات بدائية، ولكننا ما زلنا بعيدين جدا عن الوصول للفهم الكامل للآليات الواعية. كل ما نستطيع قوله أنه يمكن مقاربتها على المستوى العلمى وهذا يعتبر بحد ذاته كثيرًا.

علينا أن لا ننبهر أو نرهب من هذه الأبحاث على الدماغ. لنفكر قبل كل شىء أن المخ عطوب جدا، وأن معرفتنا هذه بكيمياء الدماغ ستسمح لنا بتقدير درجة عطبه. هناك العديد من الأمراض العصبية والنفسية التى تصيب الدماغ. وموريس توبيانا Maurice Tubiana هذا الطبيب العظيم كتب مؤخرًا: "أن المشاكل النفسية والأمراض النفسية ستشغل فى القرن ٢١ واجهة خشبة المسرح الطبية، ومن حسن الحظ أن التقدم فى العلوم العصبية سيهب الأطباء أسلحة مناسبة لمواجهة هذه المشاكل". إن كيمياء المخ تضطرب مثلا خلال الشيخوخة، مما يؤدى إلى موت الخلايا وتنكس الطرق العصبية. ونأمل أن نعثر على أدوية تبطئها أو على الأقل تنقص من آثارها.

لماذا الخوف من هذه المعارف عن الدماغ؟ إن معرفة طبيعتنا بشكل أفضل، يجب على العكس أن تساعدنا على فهم أنفسنا بشكل أفضل.

الهوية الوراثية[٤]

بقلم: أنطوان دانشين

Antoine DANCHIN

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

قبل ٣٠٠٠ عام، كان الناس يسألون عرّافة دلف (البيثيا) Pythie حول مستقبلهم. وكانت تجيبهم بأسئلة على شكل ألغاز. أحدها كان: "لدى مركب مصنوع من ألواح خشبية وهذه الألواح تهترئ الواحد بعد الآخر، وبعد فترة معينة تم تغيير الألواح كلّها. هل زورقى ما زال هو نفسه؟". طبعًا يجيب المالك بالإيجاب، وله كل الحق فى ذلك، لأن شيئًا ما يجعل هذا المركب يطفو ما زال محفوظًا، وإن كانت مادة الزورق ليست محفوظة. فبما أن كل الألواح قد تم تغييرها وأن طبيعة الخشب ذاتها يمكن أن تكون مختلفة، فإن هناك شيئًا فى المركب أكثر من مادته الأولية.

لماذا اخترنا هذه الصورة وهذا السؤال لنتكلم عن الحياة؟ من الأساسى أن نفهم الحى وعلوم الأحياء كعلم للعلاقات بين الأشياء وليس كعلم عن الأشياء. وعلينا الآن أن نكتشف شكل هذه العلاقات: لا يكفى أن نتعرف ببساطة على الأشياء أو أن نشرّح الحيوان إذا لم نفهم العلاقات بين الأشياء.

وتشكل مجموعة العلاقات بين الأشياء خاصة تجريدية، كما هى حال مخطط الزورق الذى هو تجريدى أيضا بالنسبة للألواح الخشبية المؤلفة له. ولكى نفهم العلوم الحيوية يجب أن نبذل مجهودًا للتجريد وأن نأخذ بعين الاعتبار عددًا من الآليات والقوانين الناظمة.

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٤ يناير ٢٠٠٠.

إن الآليات التى تجعل العضويات تحيا هى أربع: الأولى هى الاستقلاب. لا توجد عضويات حية لا يحدث فيها تحويل الأشياء إلى أشياء أخرى، خاصة الجزيئات الصغيرة أو الجزيئات الأكبر منها التى يتم تحويلها من واحدة إلى أخرى. وإن كان هناك حالة يمكن وصفها بالهجوع - بين الحياة والموت - وهذه حال البذرة أو أبواغ الفطور أو الجراثيم - فإننا لا نستطيع وصف العضوية بأنها حية إلاّ عندما يستيقظ استقلابها، وعندما نرى تحول هذه الأشياء من شكل لآخر. إذ أنه من طبيعة الاستقلاب ذاته خلق علاقات والتلاعب بها.

والميزة الثانية للعضويات الحية هى التقسيم إلى حجرات (التحاوز) (compartimentation). فالخلية التى هى عنصر الحياة الأساسى مصنوعة من داخل وخارج. وتتبع الحياة إستراتيجيتين لتنظيم التحاوز: فإما يكون لدينا خلايا وحيدة محاطة بغلاف متفاوت التعقيد، يجب أن تحيا فى بيئة متنوعة جدا وأن تتكيف معها بسرعة، وينطبق هذا على معظم الجراثيم التى نعرفها، أو الاستراتيجية الثانية وهى على العكس من ذلك، وتقوم على مضاعفة الأغشية والجلود وحتى ثيابنا، لتعزل قدر الامكان الوسط الداخلى عن الوسط الخارجى.

وتشترك مع إستراتيجيتى التحاوز هاتين، إستراتيجيات للتذكر بشىء سيتم نقله من جيل إلى جيل، وسيعبّر عن نظام بناء العضويات الحية، ألا وهو الجينوم (génome). وتتشكل القاعدة الفيزيائية للجينوم من عائلة من الجزيئات التى تتألف من أشكال كيميائية لقواعد بسيطة: فقط ٤ نماذج مختلفة مرتبطة على التسلسل ببعضها على التتالى كأحرف الأبجدية، وتتسلسل لبناء جمل الكتاب المختلفة.

ويمكننا أن نصف جزءًا كبيرًا مما يجعل للعضويات حياة بواسطة آلية الذاكرة التى هى نقل نص أولى، الذى هو للجينوم من جهة، ومن جهة أخرى ترجمة هذا النص إلى نص آخر، هدفه التطبيق العملى لمحتوى النص الأولى. وفى واقع الأمر فإن امتلاك نص الجينوم، ومن ثم نصًّا ثانيًا يفتح إمكانات عظيمة للحياة. ويتركب النص الأول من طبقة جزيئات، هى الحموض النووية (Acides

(Nucléiques ومنها اختصار الدنا (الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين) ADN، المؤلف من أربع أشكال أساسية معلقة ببعضها على التسلسل. لكن هذا النص ما هو إلاّ نص للوصفات، ولا يكفى لوحده لتشغيل عضوية حية. بل يجب تطبيق الوصفة وتفعيلها. وهناك نوع ثان من الأشياء فى العضويات الحية هو البروتينات، وهى ناجمة عن ارتباط عناصر أساسية على التسلسل أيضا لكن هنا لدينا عشرين عنصرًا: هى الحموض الأمينية Les acides aminés. ويوجد نوع من التراسل بين هذه الذاكرة، الحموض النووية، وهذه الأشياء أى البروتينات، التى تفيد فى البناء المعمارى للخلايا، وإلى تحريك كل قواعد المراقبة وقواعد الاستقلاب.

وهذه الآليات الأربع (الاستقلاب، التحاوز، الذاكرة والمناورة أى التغيير والتبديل manipulation) يجب أن تعمل معًا حكمًا لبناء عضوية حيّة. وإذا اخترنا هذه العناصر السابقة لتعريف الحياة، فإن الفيروسات عندها لا تعتبر عضويات حيّة: صحيح أن لديها صفات الذاكرة والتحاوز التى تحصل عليها من الخلية المضيفة، ولكنها عاجزة عن الاستقلاب والمناورة. أى أن الحمات هى طفيليات صرفة للذاكرة. والصورة ذاتها للطفيليات الصرفة للذاكرة ظهرت فى علم الحواسب الإلكترونية حيث نجد أجزاءً من برنامج تتنزه فى الحواسب وتمتاز بأنها تستطيع أن تنتشر عن طريق مضاعفة ذاتها، إذا أمكن، دون تغيير شكلها وهى تنتقل. وتظهر هنا فكرة جديدة مرتبطة بفكرة الذاكرة هى فكرة البرنامج.

بالإضافة لهذه الآليات الأربع هناك قانونان: القانون الأول يسمح بالاحتفاظ بالذاكرة. هذه الذاكرة هى على شكل حاملها المادى، مزدوجة. فهى مؤلفة من عنصرين متكاملين، كما هى الحال بالنسبة للسالب والموجب فى التصوير الفوتوغرافى. فأحدهما كما الآخر يسمح إذا كانا مفصولين بإعادة تشكيل الجزء الآخر. اكتشف ويلكنز، واطسون وكريك عام ١٩٥٣ بنية الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين (الدنا)، وظهر مثل مروحة مزدوجة يشكلها خيطان متكاملان، مما يسمح بفهم كيف يمكننا أن نحافظ على تسلسل معين للأشكال الكيميائية دون تغيير،

عبر الأجيال. إذن نحن لدينا هنا قاعدة للتكامل، القانون الأول للوراثة الذى يسمح أن نعيّن بشكل كامل قطعة من نص بواسطة النص الآخر وهذا بطريقة متناظرة.

ويفسر القانون الأول هذا انتقال الوراثة عبر الأجيال، لكن القانون الثانى، الأهم والأكثر تجريدًا، يشرح الخواص الإبداعية للعضويات الحية. إذ يجب الانتقال من الذاكرة إلى التشكيل manipulation أى من الحموض النووية إلى البروتينات. ولدينا هنا آلية ترجمة. فالنص الأول المكتوب بأبجدية من أربعة أحرف وبلغة من نوع معين ترتكز على كيمياء خاصة، ينتقل إلى قطع من نص مكتوب بأبجدية من عشرين حرفًا، قائم على كيمياء مختلفة كليًّا. والقاعدة التى تضبط الانتقال من لغة إلى أخرى تدعى الشفرة الوراثية. وهنا يجب التحذير. فغالبًا ما تؤكد الصحف "سوف نفك الشفرة الوراثية لهذه العضوية أو لتلك الأخرى". لكن هذا خطأ، لأن الشفرة الوراثية هى مثل الشفرة التى يستعملها الأولاد فى رسائلهم السرّية، أى هى قاعدة لنقل نص إلى نص آخر. وليس هذا برنامج لبناء العضويات، أو البرنامج الوراثى. وهذه الشفرة الوراثية عامة بالنسبة للجميع، ومتشابهة من الجراثيم إلى الإنسان، مما يعنى أننا يمكننا أخذ قطع من الذاكرة، من برنامج آت من الانسان مثلاً، ووضعه ضمن جرثوم لنجعله ينتج بروتينات بشرية. وهذا الترميز، أو قاعدة التراسل بين مستوى وآخر، هو ما يدعى فى الجاسوسية الشيفرة أو cipher بالإنجليزية.

إن النقل من مستوى لآخر بواسطة شفرة له صفة خاصة: فعندما يمكننا نقل نص ما من لغة معينة إلى لغة أخرى، وتكون هذه اللغة الثانية على رأس أدوات مشكّلة manipulateurs، فهذه الأدوات يمكنها طبعًا التلاعب بالنص الأولى. وهذا يخلق حلقة خاصة تسمح، بواسطة النص ذاته، أن نحدد ماذا سيعطى. النص يمكن أن يعود إلى ذاته ليتمكن من توليد ذريته. كما يمكنه أيضًا، كما تفعل برامج الحاسوب، أن يحدد أنواعًا معينة من إعادة التشكيل فى بيئات متنوعة. وهذا الوضع حيث لدينا مستويان يتراسلان بواسطة شفرة له نتيجة خاصة: إن منظومة من هذا

النوع يمكن أن تكون محددة تمامًا سلفًا، أو حتمية، ومع ذلك لا يمكن التكهن بها. وهذا مثير للدهشة لأننا ما زلنا نحتفظ بصورة الساعات من القرن ١٨ ، حيث بمعرفة الحالة البدئية للمنظومة يمكننا أن نعرف أين سيكون العقرب بعد فترة معينة إذا كنا نعرف الآلية التى تسير عليها. لكن العضويات الحية هى منظومات مادية، التى بمواجهة مستقبل لا يمكن توقعه، مبنية لتبنى غير المتوقع. وهذا شىء أساسى، وهذا يتظاهر دون أن نحتاج للتخلى عن الحتمية: ونحن لسنا بحاجة إلى الخيال حتى يحصل ما هو غير متوقع، أو أن تكون هذه المنظومة حساسة للشروط البدئية أو لأمور من هذا القبيل. وفى الواقع فإن مجرد الفكرة بوجود ذاكرة، والقدرة على إعادة التركيب، ووجود شفرة فيما بينهما، يسمح بوجود مثل هذه الخواص المثيرة.

أول وظيفة حيوية هى التى ندعوها التنسّخ réplication، وتطبق قانون التكامل: لكل حرف من الحروف الأربعة فى النص الأول، يوجد أربعة أحرف من النص الثانى تتوافق معها. وهذه قاعدة لنسخ نص، دون الاهتمام بالدلالة أو بالمعنى الذى يتم نسخه: أى أننا نستطيع أن نصنع أية قطعة من الدنا، أو أن نضيف دنا صناعى، فيتم نسخه كما هو دون تغيير.

والوظيفة الثانية، التى تتوافق مع الشفرة الوراثية، تمر عبر مرحلتين: إعادة نسخ أولى لنص مكتوب بأبجدية من أربعة أحرف، إلى أبجدية أخرى من أربعة أحرف أيضا لكن مختلفة بعض الشىء. ثم الانتقال إلى أبجدية البروتينات من عشرين حرفًا. وهنا يحصل التغيير، الذى يسمح انطلاقًا من نص البرنامج بصناعة أدوات تعيد التركيب، وتكون قادرة على إعادة تركيب البرنامج ذاته.

وفى مثل هذه الحالات، مع مجموعة القواعد هذه، أى أربع آليات وقانونين، بما فى ذلك قانون الشفرة الوراثية، كيف سيمكن للعضويات الحية أن تحيا، أن تكون وأن تتطور؟ يوجد فى الواقع فى علم الأحياء مفهوم مركزى مرتبط بفكرة العلاقة بين الأشياء، هو مفهوم الوظيفة، ولا نجده إلا قليلاً أو لا نجده مطلقًا فى الفيزياء والكيمياء. عندما نتكلم عن شىء بيولوجى، فإننا نتساءل مباشرة عن وظيفته. هذا

الشيء موجود، وسيقوم بفعل ما، ذو توجه معين مع شكل هدف نهائى أو غائية معينة. أى أن كل العضويات الحية، والمواد التابعة للحى، موضوعة ضمن سياق يوجد فيه، من ضمن الآليات الخاصة لتعبيراتها وأفعالها، توجه نحو ما يشبه الهدف.

قد نفكر أن هناك رؤية من خارج الحياة تفرض عليها توجهًا وهدفًا معينين، وأن العضويات الحية هى نظم مادية موجّهة من الخارج نحو غائية معينة. وهذا ما عبرت عنه الكثير من الأفكار الدينية، مثلاً، ضمن منطق داخلى يمكن فهمه تمامًا. لكن هذا ليس ضروريًّا؛ وفى الواقع، فإن الطريقة التى تتصرف فيها العضويات الحية لتوجد لنفسها أهدافًا وتقتنص المواد التى ستسمح بالقيام بالوظائف المحققة لهذه الأهداف، هى طريقة خاصة جدا. ولخصها فرنسوا جاكوب تحت اسم "تركيبات بدائية" bricolage. وهى القدرة على الانتهازية، والاستفادة من كل ما هو متاح، وهذا ما يسمح للعضويات الحية بالتطور بشكل منهجى، باكتشاف وظائف جديدة انطلاقًا من ما تملك (بما أنها عاجزة عن خلق شىء من ما لا تملك). وما هو خاص بالحياة، هو قدرتها، انطلاقًا من أى شىء على خلق وظائف جديدة.

ويمكن استعمال الاستعارة التالية لتوضيح الاكتشافات الحديثة والمدهشة عن وظائف العضويات الحية. نحن فى الصيف. وأنا جالس أمام مكتبى. وطاولتى تغطيها الأوراق. النافذة مفتوحة خلفى وأنا أقرأ فى كتاب، فجأة، هب الهواء. ستكون كارثة بالنسبة لى لو طارت الأوراق واختلطت. لذا آخذ كتابى وأضعه على الأوراق. فى هذه الحالة اكتشف هذا الكتاب لنفسه وظيفة جديدة، غير الوظيفة التى كانت له وأنا أقرأه: لقد أصبح، لأنه متوازى مستطيلات ثقيل الوزن، أداة لتثقيل الأوراق. وبالطريقة ذاتها، يتم التقاط بنى الأشياء الحيوية بشكل منهجى عبر الزمن. ويعنى هذا أيضا، أننى لو اكتشفت الكتاب وقلت: "هذا كتاب" ، قد أكون مخطئًا، لأنه فى هذا السياق الخاص، هذا ليس كتابًا وإنما ثقّالة أوراق. يكثر الحديث حاليًا عن برامج فك رموز قطع من الجينومات de génomes

séquençage. كأن يقال لكم مثلاً، إننا سنحصل على قطع من نص جينومى، وسنحدد وظيفتها: "يتوافق ذلك مع تلك المتتالية séquence" وسنقول لكم ما هى وظيفتها. إن هذا خطأ، سببه الوهم بأن معرفة مجموعة من الأشياء كاف لمعرفة علم الأحياء.

وفى الحقيقة، تتطور العضويات الحية حسب الطريقة التالية. إنها نظم مادية، ولأننا موجودون فى حرارة سطح الأرض، تكون معرّضة لضغوط حرارية: وبسبب هذه الضغوط، لا يمكن لأى آلية فيزيائية - كيميائية أن تتكرر وبشكل مطابق تمامًا لما كانت عليه الحال سابقًا. يوجد إذًا تغييرات أثناء التنسّخ. وعندما تنتج العضويات الحية عضويات حية جديدة مشابهة لها، فإن هذه العضويات الجديدة ليست مطابقة تمامًا للعضوية الأصل. كما أنها معرضة لبيئات ستقوم باختيار بعض هذه المتحولات. هذا هو الاصطفاء. لكن هذا الاصطفاء هو فرز منفعل وليس آلية فاعلة. أى أن هذا ليس اصطفاء للأجود، كما كان يقول سبنسر Spencer، لأنه لا يوجد أصلح. ولا يعرف أحد من سيكون الأصلح. لأنه فى ظرف معين، وفى لحظة خاصة يمكن لعضوية معينة أن تبقى على قيد الحياة، وأن هذا البقاء هو الذى يسمح باختيارها. أى أننا أمام فرز منفعل، قائم على إلغاء العاجز تمامًا.

والنقطة الثانية الأساسية لدى العضويات الحية هى القدرة على التضخيم amplification. فإذا، خلال تجربة فى الكيمياء أو حتى الفيزياء الذرية، حصلت بعض الأذيات فى مكان ما، فإن الأضرار تتوقف وتنتشر خلال الزمن متناقصة باستمرار. لكن إذا ارتكبتم الخطأ ذاته مع العضويات الحية، فإنها قادرة على التضخيم، والتكاثر، وفى بعض الأحيان زيادة المشاكل التى طرحتها بشدة. وهذا ما يفسر القلق العفوى للجمهور تجاه العضويات المعدّلة وراثيًا. لكن هذا موضوع يمكن التوسع فيه: فالطبيعى أخطر دائمًا من الصناعى، لأنه مكيّف مسبقًا. وتظهر الأحداث المرتبطة بالدم الملوث أن الدم مكيّف مسبقًا بالنسبة للإنسان، وبالتالى ضمنيًا خطر جدا.

ولنعد الآن إلى تكوين الوظائف. إن دراسة شفافية بللورة العين cristallin تسمح لنا بفهم كيف تتكون الوظائف. فالبللورة تسمح – وإن كان مع بعض الصعوبة اعتبارًا من سن الخمسين – بالمطابقة وبالحصول على صورة عن محيطنا على الشبكية. ويفترض ذلك وجود مجموعة خلوية، البللورة المكونة من طبقات من الخلايا المكدسة مثل قشور البصل، التى تتراكم على مر السنين. ولهذا السبب تزداد سماكة البللورة وتزداد صعوبة تقلصها عندما نشيخ. وتمتاز هذه الخلايا بكونها شفافة. وعندما بدأنا بدراسة البروتينات، أو هذه الأشياء القادرة على إعادة التركيب كما ذكرنا سابقًا، داخل البلورة، اكتشفنا أن بعضًا منها مركزّة بشدة وبالتالى يسهل تنقيتها، والتعرف عليها. دعيت هذه البروتينات البلورين cristallines وتمت دراسة صفاتها الفيزيائية والكيميائية، وتبين أن لها ناقلية الزجاج: أى انها غير مرتبة بشكل كاف بحيث لا تفضّل اتجاهًا معينًا للضوء. أى أنها تتصرف تمامًا كالزجاج.

ثم أتت البرامج التى تسمح بتقطيع الجينة إلى متتاليات séquençage. وبُدئ بكتابة متتاليات المورثة إفراديًا قبل الانتقال إلى متتاليات المجموعات المورثية التى تشكل الجينوم. وبُدء بفحص إحدى بروتينات البلورين عن كثب وتبين أنها معروفة سابقًا، وأنها تشبه تمامًا شيئًا فى غير مكانه هنا، أنزيمًا مثلاً، هو اللاكتات ديهيدروجيناز (نازعة الهيدروجين اللبنية) وله نشاط استقلابى خاص. وعندما وضع مع ركيزة العملية الاستقلابية المذكورة، ظهر أنه أنزيم لكنه لا يعمل فى العين بوظيفته كأنزيم، بل بوظيفته: " أنا شفاف عندما أكون مركّزًا". وتم اكتشاف بروتينات أخرى حول بروتينات البلورين، وهى "المرافقات الجزيئية" chaperons moléculaires. وهى بروتينات تلعب دور الهيكل، أى تسمح بإعادة شكل الأشياء التى تفككت، أو فقدت شكلها. ودعيت بالمرافقات، لأنها ترافق البروتينات التى كانت تتم تنقيتها، إذ كانت دائمًا تشاركها. وتمتاز هذه المرافقات الجزيئية بخاصية السماح باعادة شكل البروتينات التى تغيرت طبيعتها، مما يعطيها أهمية خاصة بالنسبة للعين. ومع تقدم العمر، يمكن أن نصاب جميعًا بالساد. فتفقد العين شفافيتّها،

لأن بروتينات البلورين، مع مرور الزمن تفقد وتغير طبيعتها، ولا تقوم المرافقات الجزيئية بوظيفتها بشكل جيد لإعادة طبيعتها. لكن إذا فكرنا بذلك، فإنه الإنسان خلال حياته يتعرض للإشعاعات التى تصل إلى العين، ويتلقى كميات هائلة من الأشعة فوق البنفسجية التى تغير باستمرار من طبيعة بروتينات البلّورة: ومن دون هذه المرافقات كان الساد سيظهر بشكل أبكر بكثير. كما عثر على عناصر أخرى كثيرة غير هذه البروتينات والجزيئات المرافقة. وفى مجال آخر مختلف تمامًا، اكتشف باحثون أن الخلايا عندما تتعرض لصدمة حرارية، وهذا وارد جدا، فإن معظم البروتينات ترتكس بشكل سيئ. وهناك مجموعة خاصة من البروتينات تقوم بوظيفة العلاج فى مثل هذه الحالة الصعبة. فخلال التطور اخترعت البلورات وظيفة أولى، باقتناص وظيفة مجموعة من البروتينات، وهى بروتينات مقاومة الصدمات (الصدمة الحرارية وصدمة الحموض، فى عدد كبير من الحالات). وتضم هذه المجموعة عددًا من البروتينات، هى ذاتها الموجودة فى البلورة، وطبعًا أيضا الجزيئات المرافقة. فى خلية جلدية مثلاً، نجد هذه البروتينات أيضا. وإذا احترق جلدكم، فسوف تأخذ دورها، لأنه لدينا نظام مراقبة سيقرر فورًا: يجب تركيب هذه البروتينات، ثم إيقاف التركيب. لكن فى البلورة فإن فقدان نظام المراقبة يجعلها تشكيلية constitutif أى أنها تعمل باستمرار. وبالتالى فإن فقدان نظام المراقبة، أدى إلى امتلاء الخلية بمجموعة معينة من البروتينات. بشكل عام لا قيمة لذلك. لكن بالنسبة للبلورة، فإن أى عضو موجود فوق مجموعة من الخلايا الحساسة كما هى الشبكية يكون له أهمية كبرى. ونرى هكذا كيف عبر مراحل التطور، تم اصطفاء واقتناص (كما هى قصة تقّالة الورق) نوع معيّن من الوظائف. لكن يمكن للشفافية أن يكون لها وظائف أخرى. غالبًا تؤكل السمكة الصغيرة من قبل السمكة الأكبر. لكن إذا وقعت بالصدفة، بعض الحوادث الوراثية، وأدت إلى أن بعض هذه الخلايا، من ضمن مجموعة عددها وافر أصبحت قادرة على إنتاج هذه البروتينات بشكل مستمر، فستصبح السمكة شفافة عدا هيكلها العظمى. وإننا نجد هنا النموذج ذاته من القنص لوظيفة موجودة سابقًا، لكن من أجل تطبيقات مختلفة تمامًا، ألا وهى هنا التمويه.

مثال أخير يسمح بإعادة النظر فى الصورة الآلية التى لدينا عن الحياة عمومًا وعن الإنسان بشكل خاص.

يقلق الكثيرون، ولديهم الحق فى ذلك، من الاستعمالات التى يمكن أن تنجم عن برنامج فك شيفرة الجينوم البشرى. وبشكل خاص، فإنه من الواضح أن التعرف على الميزات الوراثية يسمح بوضع خارطة لمجموعة من الخواص العامة للأفراد، ويسمح بتصنيفهم. ويمكن تدجين الإنسان كما أمكن ذلك مع الحيوانات. ويمكن أن نقلق إذن، لكن لحسن الحظ بطريقة خاصة لأن هذا الاحتمال غير منطقى. لأن مجرد الفكرة القائلة أن معرفة الجينوم تؤدى إلى التنبؤ بمصير الأفراد، تقتضى أن هناك علاقة ميكانيكية بين طبيعة الجينوم وطبيعة الفرد. لكن الآلية التى تجعل من الوظائف تقتنص بنى معينة، هى آلية لا يمكن توقعها، بسبب بنائها الخاص. والحالة الطارئة التى سيوضع فيها فرد ما، والتى ستجعل ذرية هذا الفرد تبقى على قيد الحياة لأنها وجدت حلاً لهذه الحالة، هى أيضا غير قابلة للتوقع. إن اصطفاء الوظائف الجديدة، أى بمعنى آخر إيجادها واختيارها بآن واحد، هى قضية من المستحيل التنبؤ بها سلفًا.

وفكرة العرق الصافى بحد ذاتها لا معنى لها أيضا. قد تطرأ فكرة صناعة أشخاص عدوانيين جدا: إذ يمكننا صناعة كلاب شديدة العدوانية، كبيرة، وصغيرة، أومشعّرة، إن هذا لا يطرح مشكلة. لكن تقرير ماذا تصنع إنسانية الإنسان، وماذا تصنع، بشكل خاص، قدراته الإبداعية أو كيف سيكون إنسانًا أفضل، إنسانًا مثاليًّا، هو شىء لا منطقى لأنه بنيويًّا مستحيل. وهذا مثال يوضح هذه اللامعقولية.

عندما ظهرت الحياة، منذ ثلاث مليارات و٨٠٠ مليون سنة تقريبًا، كانت الأرض شاسعة وتشغلها أعداد قليلة من العضويات الحية. وكان لدى العضويات الأولى المكان الكثير للتكاثر. ولم يكن مطلوبًا منها أن تأخذ الآخرين بعين الاعتبار. وكان هدف العضويات الحية هو الهدف ذاته لدى أى نظام فيزيائى: شغل أكبر قدر ممكن من المكان والحالة، أى احتلال كل شىء، بواسطة الوسائل التى

كانت متوفرة لها. والطريقة السريعة لتحقيق ذلك، كانت صنع نسخة من الذات، أى التكاثر. لكن ذلك لم يستمر إلاّ فترة محددة، لأنه فجأة أصبح من الضرورى أخذ الآخر بعين الاعتبار. والطريقة المتوحشة والعادية، والفعّالة بالدرجة الأولى فى هذه الحالة تكون بالقضاء على هذا الآخر، بأكله وبأخذ مكانه. فكانت الوظيفة الأولى التى يجب خلقها هى مسبار sonde أو لاقط يقول: "هذا الآخر يشبهنى أو لا يشبهني". الوظيفة الثانية: هى استخدام هذا اللاقط لقتل الآخر والقضاء عليه. ويجب أن يكون هذا اللاقط متضمنًا لمحطات، تتحكم بتركيب عدد من المواد السامة التى سيتم إطلاقها فى المحيط بحيث يتم تدمير الآخر الذى سيتم أكله لاحقًا. وهذه المواد هى الصادات الحيوية، التى اخترعتها الجراثيم منذ زمن باكر جدا. وهى متنوعة جدا. لكن الجرثوم الذى ينتج صادات حيوية يشكو من بعض المشاكل، لأنه عليه أن لا يقتل ذاته أيضا. وبالتالى عليه خلق جهاز مناعى ضد أسلحته الخاصة. وهذا الجهاز موجود، وواسع الانتشار فى الطبيعة. إذن هذه هى المجموعة الأولى من الوظائف: لواقط، شلال من المنظّمات، مفرزات، ومناعة. ثم شيئًا فشيئًا، عند أخذ الآخر بعين الاعتبار، نشأ التعاون، التطفل، وعلاقات توازن بمواجهة المفترسين، أى إمكانات متنوعة. لكن إحدى هذه الامكانات تم اختراعها لاحقًا، تقريبًا منذ حوالى مليار سنة – وكانت بالاتحاد– وخلق العضويات متعددة الخلايا. وهنا تم خلق وظائف جديدة. فإن خلق عضوية عديدة الخلايا يسبب ضغوطًا خاصة فى البيئة، يجب إدارتها. وهنا نحتاج إلى رأس، وإلى ذنب، ويوجد مشاكل ناجمة عن التناظر، ومجموعة من القضايا الجديدة يجب حلّها والتى من أجلها يجب اختراع وظائف جديدة.

وهكذا رويدًا رويدًا، تم خلق عضويات تزداد تعقيدًا، حتى الحشرات أو حتى الإنسان. وفى حال الحشرات مثلاً، تم التساؤل مؤخرًا حول الطريقة التى تستعملها لمقاومة الجراثيم. هل لديها جهاز دفاعي؟ وتم حقن الحشرات بالجراثيم؛ وعندما نحقن فطرًا فى ذبابة الفواكه (الدروزوفيل) يحصل شلال من النموذج الذى تم وصفه: هناك لاقط يتعرف على الفطر، وينتج الصاد الحيوى، الذى سمى بشكل

مناسب الدروزومايسين. ومن جهة أخرى من خلال تحاليل الجينات والجينوم، أصبح من الممكن التعرف على الجينات بسهولة: وبالتالى، عندما يكون لدينا منتج، أو شلال من الحدثيات من هذا النوع، فيمكن تحديد الجينات الموافقة لها، ومعرفة ما هى، وأين هو موقعها على الصبغيات وتحديد مجمل الآليات المشاركة. وإذ بنا نكتشف، أن شلال المقاومة هذا معروف لدينا سابقًا. وتم اكتشافه فى مكان آخر، فى سياق مختلف فى حينه، وبوظيفة مختلفة أيضا. هذا الشلال يوقظ مؤقتًا بشكل عابر خلال تمايز جنين يرقة الذبابة لتحديد المحور الظهرى – البطنى، أى موقع الظهر بالنسبة لموقع البطن. وهذا الشلال، هذه الآلية المغرقة فى القدم، لصناعة الصادات الحيوية، تم اقتناصها من قبل العضويات عديدة الخلايا لتحديد شكل الفرد! وإذا أردنا التعميم: لدينا أجهزة مناعية؛ وإذا كنا ما زلنا على قيد الحياة اليوم، فذلك ليس بفضل ذكائنا، لكن بكل بساطة لأن أجدادنا قاوموا الطاعون والكوليرا والحصبة. لدينا مجموعة كبيرة من النظم المناعية الوظيفية. ويمكن أن نتصور اليوم أن مواجهة مرض جديد سيحدد ذريتنا المستقبلية! وهذا تمامًا ما يمنع كل تفكير بالصفاء العرقى.

بعض العناصر أيضا سترينا كيف يتم بناء العضويات الحية. إن ترتيب الجينات على الصبغيات، أو الجينوم ليس محض صدفة، ولكنه مرتبط مباشرة بهندسة الخلية، أى أن هناك رابط بين شكل البرنامج وشكل الخلية. وهذا شىء معروف منذ بعض الوقت عند العضويات عديدة الخلايا. عند الحشرات مثلاً، نلاحظ أن الجينات التى تتحكم بالعناصر المختلفة للجسم مرتبة تمامًا حسب الترتيب ذاته، من الرأس إلى الذنب. وإذا أخذنا مثلاً إحدى الجينات ونقلناها إلى مكان آخر، فإننا سنحرك أيضا الأعضاء الموافقة. أى يمكننا صناعة ذبابات نضع فيها ساقًا عوضًا عن المستشعرات، فقط عندما نحرك بكل بساطة إحدى هذه الجينات. يوجد إذن برنامج على شكل وحدات، ويقول على التتابع كيف يجب أن تتم الأمور. وإذا قارنتم الحشرات، أو نحن، بالصدفيات فإنكم سترون أن العصب المركزى فى الظهر يمر على البطن أو بالعكس. فلدينا يوجد عمود فقرى فى الظهر وكل الباقى

موجود فى البطن. ونلاحظ أن المخطط ذاته موجود عند الصدفيات، لكن هناك جينتين معكوستين، وهذا ما يعكس المستوى ظهر – بطن عند حيوان مثل سرطان البحر مقارنة مع الذبابة ... أو الإنسان.

والاكتشاف الأخير، الذى يجعل من الذبابة إحدى نماذج الإنسان، هو أنه عند بعض الحيوانات، وخاصة عند الثدييات، فالمخطط هو بذاته الذى عند ذبابة الدروزوفيل، تمامًا حسب الترتيب ذاته تمامًا، لكن بناء الإنسان يتم ضبطه رباعى: أى عوضًا عن أن يكون لدينا نص واحد يتم عزفه مرة واحدة، فإنه لدينا أربعة نصوص متزامنة، وبجانب بعضها، تحدد قطعنا، لأننا مكونون من قطع. ويكفى أن ننظر إلى الفقرات والأضلاع حتى نتأكد من ذلك. إذن نحن مكونون من قطع، لكن هذا لا يبدو جليًّا، لأنه كما هى الحال فى الرباعى، يتم توزيع النص الموسيقى. فلدينا فقرات ستتشوه، وتصبح رأسًا مثلاً. لكن نجد من جديد، هذه الفكرة القائلة بوجود مخطط وتنظيم عام.

باختصار يمكن اعتبار أن العضويات الحية مبنية انطلاقًا من برنامج، وأن هذا البرنامج مرتبط بالهندسة العامة للعضويات. لكن يجب أن لا ننسى أبدًا أن هذا البرنامج يمتاز، بنيويًّا، أنه بالرغم من حتميته بالمطلق، يبقى قادرًا على خلق اللامتوقع بشكل منهجي.

أصـول ومكـانـة الإنسـان فى الـتطـور: الـرابـط الـصـبـغـى(٥)

بقلم: برتراند دوتريلو

Bertrand DUTRILLAUX

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

تشترك البشرية فى ٩٩% من المجموعة الـصبغية، أى أن لهـا النمـوذج النووى ذاته. ويمكن اعتبار التغيرات التى تمس ١% من البشر كتعديلات حديثـة العهد، ودون مستقبل لها، لأنها مرتبطة بحالات مرضية أو صعوبات بالإنجـاب. وتنطبق استنتاجات مشابهة على عدد كبيـر مـن الأجنـاس خاصـة الغـوريلا والشمبانزى القريبة منّا. يمتلك كل نوع تقريبًا صيغة صبغية caryotype خاصـة بّه، لكن هذا لا يعنى مطلقا أن الصبغيات كلها تختلف من جنس إلى آخر. فالإنسان يشترك مع الشمبانزى بـ ١٢ صبغيًا، ومع الغوريلا بـ ١٠ صـبغيات، ١٢ مـع الاورانغ-أوتانغ، خمسة مع قرد الماكاك، واثنان مع قرد الكابوسـان، ولا يـشترك بشىء مع الليمورات lémurs والثدييات غير الرئيسية. ومع ذلك، عندما نحلل البنى الصبغية مستعملين أدق الوسائل المتاحة، فيمكن أن نظهر أن معظم الثروة الصبغية يحتفظ بها بين الإنسان، الأرنب، السنجاب، الثور والقطة،... إلخ. الاخـتلاف هـو فى تنظيم هذه البنى. وهذا يبرهن أن لنا جميعًا أسلافًا مـشتركة، وغيـر متباعـدة كثيرًا فيما بينها على سلم التطور. وعن مقارنة البنى الصبغية، إما بـالطرق التـى تظهر أشرطة، أو بدراسة نسخ الدنا، فإنه من الممكن اليوم إعادة تركيب الـصيغة الصبغية بشكل دقيق تمامًا للجد الأول لكل الثدييات المشيمية، أو المسماة صـحيحة

---

(٥) نص المحاضرة رقم ٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٥ يناير ٢٠٠٠.

الرحم euthériens. وبالتالى فإن صبغيات هذا الحيوان الذى عاش منذ حوالى مائة مليون سنة، معروفة أفضل بكثير من أى صفة من صفاته الأخرى.

يمكن تحقيق إعادة ترتيب الحدثيات الصبغية مما يسمح برسم شجرة التطور. ولقد بدئ برسم التطور السلالى الصبغى بشكل تدريجى منذ السبعينيات، ولم يـأت ما يدحضه حتى الآن. وسمح ذلك من جهة أخرى بتقويم بعض التفسيرات المقدّمة. ما هى إذن المعلومات التى يمكن أن نحصّل منها ؟

فى زمن أول، سنرى كيف أن التقدم التقنى فى علم الوراثة الخلوى ودراسة الصبغيات، سمحت انطلاقًا من معلومة محددة، والتى كانت ما زالت منذ سـنوات متواضعة نسبيًّا، سمحت بالوصول فى النهاية إلى معطيات كثيرة ليس فقـط عـن الجينات لكن عن حاملها أيضا. وبعد عرض لكيف يمكن أن نراقب البنى الصبغية، سنستعملها بالتدريج لمقارنة صبغياتنا مع تلك التابعـة لأجنـاس أخـرى. وتمثـل النموذج النووى، أو ما يدعى الصيغة الـصبغية (ص ص)، مجموعـة صـبغيات جنس ما. ثم سنعيد تركيب الصيغ الصبغية لأسلاف أجناس سـبقتنا قبـل حـوالى خمسة ملايين، عشرة ملايين، ثلاثين مليونًا، خمسين مليونًا أو حتى مائـة مليـون سنة من التطور. وعندما ننتهى من تركيب صبغيات أسـلافنا الأوائـل، سنـسير بالاتجاه المعاكس لنفهم كيف تمايزت الصبغيات، وكيف نحدد مكان الجنس البشرى بين الأوليات. ثم سنقارب نتائج هذا التطور من الناحية الإمراضية.

لنبدأ بتذكير حول مرتبة الأوليات. تضم الأوليات القرود والبشر وما قبـل القرود. يمثّل ما قبل القرود الليموريا فى مدغشقر، وهى أكثر من ثلاثـين نوعًـا، وهناك أنواع أخرى من ما قبل القرود تعيش فى إفريقيا وآسيا، أى مـا مجموعـه حوالى ستين نوعًا. أما القرود والبشر فينضمون تحت "تحت رتبتين": قرود العـالم الجديد أو plathyrhiniens وهى حوالى ستين نوعًا، والـ catharhiniens وهـى حوالى سبعين نوعًا. تضم إذن مجموعة الأوليات حوالى مائتى نوع.

والبحث الذى أجرى على الصبغيات قام على مقارنة الصيغ الصبغية، أى صبغيات، حوالى مائة من أنواع الأوليات أى تقريبًا نصف الأنواع الحية. وبعض المجموعات التى تملك الصبغيات ذاتها، لم تتم دراستها بشكل منهجي. وهذه الدراسة التى تناولت الصبغيات وتطور الأوليات، هى اليوم الأكثر تفصيلاً التى تم تطويرها على علم تطور سلالة الإنسان، وكل الأجناس الأكثر أو الأقل قربًا منه.

إن الجينوم البشرى (المجين)، أى مجموعة صفاتنا الوراثية، محمول على الدنا، الذى يضم حوالى مليار من النوويد (النوكليوتيد) nucléotides أو وحدات الشفرة الوراثية. ويبلغ عدد جيناتنا حوالى مائة ألف. ويملك الإنسان ٤٦ صبغيًا أى ٢٣ زوجًا. ويحصل كل فرد على صبغى لكل زوج من والده ومن والدته. ويتألف كل صبغى من جزىء واحد من الدنا. وبالتالى فإن صبغيًا متوسطًا سيضم من ثلاثة آلاف إلى أربعة آلاف جينة. والبنى التى يمكن إظهارها على الصبغيات، أى الأشرطة، تضم وسطيًا حوالى مائة من هذه الجينات. وبالتالى فإننا سنتابع تطور الحامل المادى للجينات وليس الجينات بحد ذاتها.

لنبدأ بالنواحى التقنية. إن المائة ألف جينة بشرية محتواة داخل نواة كل خلية. وعندما تنقسم الخلايا، فإننا نلاحظ ظهور الصبغيات على مستوى النواة. وكان يجب الانتظار حتى عام ١٩٥٦ لنتمكن من تعداد الـ ٤٦ صبغيًا الموجودة لدى الانسان. ومن أجل ذلك تم اللجوء إلى زراعة الخلايا. فى نهاية الخمسينيات، تم إنجاز طريقة نشر الصبغيات على صفيحة زجاجية، مما يسمح بتحليلها، بعد أن يتم نفخ الخلية بالصدمة ناقصة الحلولية.

والتقنيات المستعملة فى الستينيات كانت تقوم على أخذ صور، يتم تقطيع الصبغيات فيها ليتم تصنيفها من جديد اعتمادًا على حجمها. وفى مرحلة تالية نجح الباحثون فى إظهار الأشرطة على الصبغيات. سمحت هذه الأشرطة بجمع الصبغيات على شكل أزواج، لأنها متطابقة مع الصبغيين المشكلين لزوج واحد. وسمح تحسين هذه الطرق بتفحص مجموعة من ألف بنية صبغية، تم الحفاظ عليها

خلال تطور الثدييات. وسنتابع تغيرات مواقع هذه البنى، أكان ذلك من صبغي لآخر، أو ضمن الصبغي ذاته. وسمحت تقنيات أخرى تعتمد التألق fluorescence بإظهار جينة معينة على صبغي. وفي هذه الحالة، يتم استعمال جزءًا صغيرًا من الدنا كمسبار جزيئي، ويتم تطعيمه على الصبغي. وبالتالي، عند مقارنة صبغيات جنس مع جنس آخر، سيكون ممكنًا أن نبحث إذا كانت الجينات موجودة حيث هي متوقعة بالنسبة للبنية الصبغية. ومن الممكن أيضا أن نستعمل ليس الجينة كمسبار جزيئي، إنما صبغي آخر. إذ بعد تهجينه في موضعه in situ، يصبح الصبغي بكامله مشعًا.

لقد تم الحفاظ على المادة الوراثية خلال التطور، بشكل يمكننا من استعمال مسبار صبغي بشري معيّن، وتهجينه على خلية كائن من جنس مختلف، وبالتالي معرفة مباشرة لما إذا كان هذا الصبغي يتطابق مع الصبغي البشري المدروس. وكمثال على ذلك فإن الصبغي ٣ البشري تم استعماله كمسبار لتهجينه على خلية قرد الماكاك. يتم تلوين صبغي واحد فقط، أي أن كل مكونات الصبغي البشري ٣ موجودة على صبغي واحد فقط لدى الماكاك، وكل مكونات هذا الصبغي، كانت موجودة عند أسلافنا الأوائل المشتركة مع الماكاك قبل ٣٠ مليون سنة.

والتحسين الآخر على التقنيات، سمح في الوقت ذاته بدراسة الأشرطة وبتحقيق التهجين في موضعه. لنعد إلى التمييز بالأشرطة الصبغية. إن مقارنة نصف صيغة صبغية للإنسان مع نصف صيغة صبغية للشمبانزي، تسمح بملاحظة أن بعض الصبغيات متشابهة تمامًا وبعضها مختلف قليلاً. وتعود هذه الاختلافات إلى آليات كسر وإعادة التحام أو تعديلات صبغية. وسبب الانعكاس يعود إلى كسر صبغي في نقطتين وإلى دوران المجموع الذي سيتم التحامه من جديد. والانعكاس حول المركز يحصل حول مركز الصبغي centromére الذي يلعب تقريبًا دور المحرك في الصبغي. ويدعى الانعكاس بجانب المركزي، عندما تحصل الانكسارات في الجهة ذاتها من مركز الصبغي. أما عملية النقل من مكان إلى آخر، فتحصل

عندما يعلق جزء من صبغى على صبغى من زوج آخر. ونجد هذه الأشكال من التعديلات remaniements خلال مراحل التطور. تبقى المادة الوراثية بشكل عام موجودة، لكن البنى الصبغية سوف يتم تبادلها، أو تعديلها ضمن الصبغى الواحد.

يوجد هكذا حوالى دزينة من التعديلات، التى ستفصل صبغيات الإنسان عن صبغيات الشمبانزى. ويمكن الحصول على نتائج مماثلة عندما نقارن الصيغة الصبغية للاورانغ أوتانغ مع تلك للشمبانزى، الغوريلا أو الإنسان. أى أنه حسب تعابير التعديلات الصبغية، فنحن على مسافة متساوية من كل من الغوريلا، والأورانغ أوتانغ، والشمبانزى. كما أن هذه الحيوانات على مسافة متساوية عن بعضها البعض.

وتؤدى بنا هذه المقارنات إلى إعادة تركيب صيغة صبغية لأسلافنا حسب مبدأ التقتير. فإذا كان لدى جنسين أو ثلاثة أو أربعة، الصبغى ذاته، فإننا نعتبر أن جدهم المشترك كان لديه الصبغى نفسه. وهذه هى أبسط نظرية. وكمثال على ذلك فإن الصبغى ٦ مشترك بين الأورانغ أوتانغ، الغوريلا، والشمبانزى والإنسان. إذن الجد المشترك لهذه الحيوانات ولنا أيضا كان يمتلك هذا الصبغى. وعاش آخر جد مشترك للشمبانزى والغوريلا والإنسان قبل خمس إلى عشر ملايين سنة. أما الأورانغ أوتانغ فقد انفصل قبل ذلك. ونستطيع إعادة تركيب الصيغة الصبغية للجد المشترك للإنسان والماكاك بواسطة الأشرطة والمسابر الصبغية. مما يفتح أمامنا مجال مقارنة كل أفراد فرع القرود طويلة الذنب cercopithèques ،ويشمل حوالى ستين نوعًا إفريقيا وآسيويا وهذا ما فعلناه.

لقد درسنا حوالى ثلاثين نوعًا من قرود العالم الجديد plathyrhiniens، وأعدنا إنشاء النقاط المشتركة لرسم الصيغة الصبغية للجد المشترك. وهى الصيغة الصبغية لحيوان عاش قبل حوالى خمسين مليون سنة.

وإذا أردنا أن نعرف إذا كان هذا الإنشاء وإعادة التركيب صحيحًا، فإنه من المثير للاهتمام مقارنة الصيغة الصبغية المعاد تركيبها بالنسبة لمجموعة معينة مع

تلك العائدة لمجموعة أخرى. وإذا كان هناك أخطاء، فإن الصيغ الصبغية ستكون مختلفة جدا، وعلى العكس من ذلك فإنه إذا كانت الأشكال الناتجة صحيحة، فإن الصيغ الصبغية للأجداد ستكون متشابهة. إن الصبغيات العائدة لنصف الصيغة الصبغية الافتراضية للجد الأول المشترك لقرود plathyrhiniens ولما قبل القرد microcebus murinus تتشابه. ومن هنا الفكرة القائلة أن صبغيات متماثلة كانت موجودة لدى جد القرود وما قبل القرود.

وأجريت الأبحاث نفسها عند الحيوانات اللاحمة، وقادت إلى صيغة صبغية سلفية مشتركة. وأظهرت المقارنة مع الخشماوات plathyrhiniens (قرود العالم الجديد ذات الأنوف المستعرضة) نقاط تشابه واختلاف، يمكن تفسيرها بالانعكاسات وتغيير المواقع.

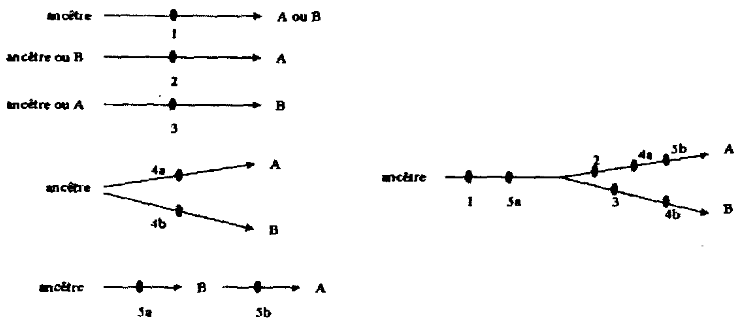
ومقارنة صبغيات عديمات الأسنان، لجد اللواحم، ولجد الخشميات، وجد ماقبل القرود، والقوارض، أظهرت أنه يوجد الكثير من القطع الصبغية المشتركة، لكن أيضا بعض الاختلافات. وسمح هذا بإعادة تركيب الصيغة الصبغية للجد المشترك لكافة الثدييات المشيمية، والذى كان يعيش قبل حوالى مائة مليون سنة.

تسمح المقارنات بين الصيغ الصبغية، والصيغ الصبغية السلفية، بإعادة تركيب تطور الأنسال فى الأجناس، ويستند إعادة هذا التطور الصبغى على التحويرات فى مواقع البنى الصبغية أو الشرائط.

وكل صبغى هو مثل سبحة تطورت قليلاً لحسابها الخاص. وبمقارنة تطور كل منها، علينا أن نعثر على نموذج وحيد فى التطور.

ويمكن تفسير المبدأ انطلاقًا من مثال، حيث خمسة تغييرات صبغية تجعل التمييز ممكنًا بين الصيغة الصبغية لنوعين مع جدهما المشترك (شكل ١). الصبغى الأول هو ذاته عند النوع أ والنوع ب. لكن يختلف عن صبغى السلف، المفترض أنه معروف. الصبغى ٢ تم تغييره عند النوع أ لكن ليس عند النوع ب. أما الصبغى ٣ فهو مغيّر عند النوع ب وليس عند النوع أ. الصبغى ٤ تم تغييره فى

آن واحد فى النوع أ و ب لكن بشكل مختلف. وأخيرًا فإن الصبغى ٥ تم تغييره لكن بشكل مختلف فى آن واحد عند النوع أ والنوع ب، لكن التغيير فى ب هو وسيط بين السلف والنوع أ.



الشكل (١)

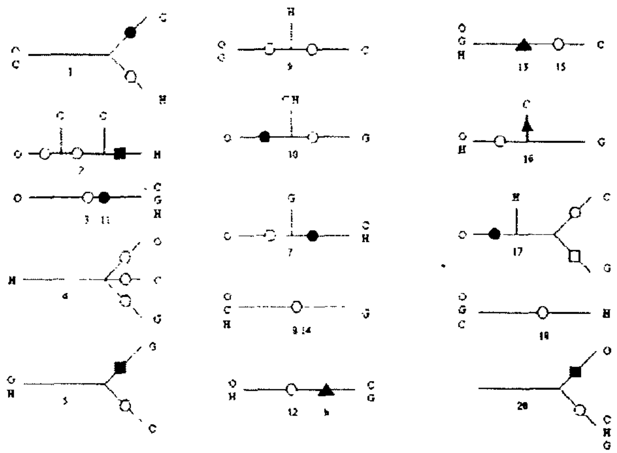
إعادة تطور الأنسال. يجب الأخذ بعين الاعتبار كل إعادة تركيب صبغى. ويعتبر كل صبغى كوحدة طافرة. وشجرة الأنسال الناتجة يجب أن تكون محققة للمعلومات المكتسبة بالنسبة لكل صبغى.

وإذا نقلنا كل هذه المعلومات على الشكل، نلاحظ أن تغييرات الصبغى ١ هى بالضرورة على جذع مشترك مع تلك العائدة لـ ٥ أ. أما تلك التى للصبغى ٢ فهى على فرع أ، وللصبغى ٣ على فرع ب وهلم جرّا. وهكذا يمكن رسم شكل وحيد للتطور.

تضم الصيغ الصبغية للأوليات من ٢٠ إلى ٧٢ صبغيًا. وهناك العشرات من الأنواع. ومن بين الصعوبات التى ظهرت أن التطور لا يسير حسب نموذج الانقسام الثنائى. إن الانقسام الثنائى، أو الانقسام البسيط هو رؤية فكرية. وفى الحقيقة لا تجرى الأمور هكذا. لا يظهر نوع ما فجأة اعتبارًا من نوع آخر. وغالبًا يتم إعادة تركيب يشترك فيه نوعان متقاربان، يتبعه إعادة تركيب جديد مع أحد

النوعين السابقين ثم من نوع ثالث وهكذا ... إن التفرع ليس بسيطاً، ويجب تخيل نظام آخر، الذى هو التطور على شكل شبكة. ماذا يحدث عندما نسقط ذلك على الإنسان، الشمبانزى، الغوريلا والأورانغ أوتانغ؟

إن مقارنة عمليات إعادة التركيب الصبغى بين كل من الإنسان، والشمبانزى، والغوريلا، والأورانغ أوتانغ، تقود إلى نموذج لصبغى يختلف دائمًا عن الصبغى الذى سبقه. وكل صبغى تطور لحسابه الخاص، كما هى الجينات (شكل ٢). ويجب أن ندمج الأشكال السابقة الثلاثة فى شكل واحد (شكل ٣).



الشكل (٢)

عمليات إعادة التركيب لمجموعة الصبغيات البشرية من رقم ١ إلى رقم ٢٠، خلال تطور القرديات وأشباه البشر.

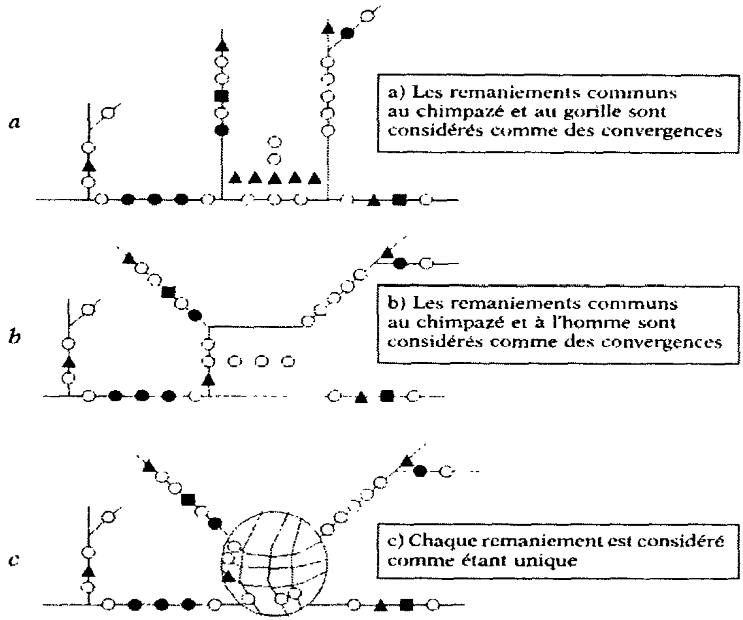
O= أورانغ أوتان   G= غوريلا   C= شمبانزى   H= انسان.

- دائرة بيضاء : انعكاس قرب المركز.
- دائرة سوداء: إعادة تركيب داخل الصبغى.
- مثلث أسود: اضافة كروماتين مختلف.
- مربع أسود: تغيير موقع.

إن قوة علم الوراثة الخلوية تكمن فى أنه يأخذ بعين الاعتبار كامل الجينوم (المجين)، ومجموع الصبغيات، وأنه يتوجب عليه تقديم أشكال تتماشى مع كل الملاحظات المستقاة. قد يشكل ذلك صعوبة فى التحليل، لكنه يقدم كسبًا كبيرًا لنوعية النتيجة النهائية. ومع ذلك فإن هذا التطور ليس بالبساطة التى كنا نتمناها. وتظهر مقارنة الإنسان، ولنوعين من الشمبانزى، والغوريلا، والأورانغ أوتانغ، أن هناك ثلاث عملياتَ من إعادة التركيب مشتركة بين الشمبانزى والإنسان، وبالتالى فإن الشمبانزى هو النوع الأقرب للإنسان. ومع ذلك فهناك ثلاث عمليات أخرى من إعادة التركيب مشتركة بين الغوريلا والشمبانزى. وللمحافظة على فكرة تطور بالانقسام البسيط، يجب أن نتخيل أنه حصل انحراف، وأنه بالصدفة، فى هذه المنطقة من شجرة التطور، حصلت ثلاث عمليات إعادة تركيب فى فرعينَ مختلفين (شكل ٣ أ). ومن الأكيد أن هذا التفسير غير مرضٍ تمامًا. أما التفسير الآخر (شكل ٣ ب) فهو تمامًا عكس الأول، لكن هو أيضا غير مرضٍ كثيرًا. إن ما سيكون مَرضيًا هو الوصول إلى شكل حيث لا يحصل إعادة تركيب إلاّ مرة واحدة (شكل ٣ ج) مع فروع خاصة بكل نوع. أى أن التطور يحصل ضمن مجموعة سكانية، ويتم بالتدريج تحديد موقع الشواذات الصبغية داخل هذه المجموعة. تظهر طفرة فى داخل مجموعة سكانية، وسوف تنتشر مثل الموجة الناجمة من نقطة تسقط فى الماء. وتظهر طفرة أخرى فى مكان آخر من هذه المجموعة وتنتشر بالطريقة ذاتها. وهكذا سوف تخلق فى هذه المجموعة أشكال هجينة، تملك طفرتين وعمليتَين من إعادة التركيب. وهكذا نرى أن التطور لا يسير بنقلة واحدة. ولا يوجد هناك شىء سحرى يسمح لنوع معين بالتشكل اعتبارًا من نوع آخر خلال جيل واحد.

وفى المخطط العام (شكل ٤) تمثل الـ cercopithèques نموذجًا للتطور الشبكى. وحتى يمكن لظاهرة تشكل نوع معين أن تحصل، يجب أن يكون هناك أشكال هجينة، بما أن الأشكال الصبغية موزعة فى مختلف فروع التطور. ويمكن التأكد من هذه النظرية على الأرض، لأن بعض القرود طويلة الذنب cercopithèques التى تعيش على الأشجار، تعيش ضمن مجموعات متعددة الأنواع. واستطاع بعض المراقبين ملاحظة ثلاثة أنواع مختلفة تكون موجودة سويًا

خلال النهار. والشكل الظاهرى للذكر المسيطر هو شكل هجين. وتتغذى هذه الأنواع ضمن مجموعات وتقضى النهار سويًا، لكن فى الليل تذهب الحيوانات التى من نوع واحد إلى شجرة واحدة. وكل صباح يتم تجميع الكل من قبل الذكر المسيطر.



الشكل (٣)

مخططات تركيبية للصبغيات من القرديات إلى الإنسان.

أ- عمليات إعادة التركيب المشتركة بين الشمبانزى والغوريلا يمكن اعتبارها انحرافًا.

ب- عمليات إعادة التركيب المشتركة بين الشمبانزى والإنسان يمكن اعتبارها انحرافًا

ج- كل عملية يمكن اعتبارها وحيدة.

وكان جدنا ذات الرحم الحقيقى euthérien يملك حوالى ستين صبغيًا. ونقول حوالى لأن التقريب من العدد الإجمالى يتعلق ببعض الصبغيات المجهرية التى لم

يتم تحديدها بدقة حتى الآن. وتم نقل هذه الصبغيات على حالها إلى الرتب الناشئة للثدييات. ولهذا فإنه من المستحيل اقتراح علاقة بين الرتب، لأنه حتى الآن لم نستطع التعرف على تغييرات مشتركة بين رتبتين أو أكثر.

وتقود هذه الملاحظات إلى الاستنتاجات التالية:

- فى الأصل كانت هناك مجموعة سكانية من الثدييات مع قدرات تطورية كامنة، كما هى حال الخلية فى أصل الفرد التى تكون حاملة لقدرات كامنة متعددة وقادرة على إعطاء ذرية تزداد تخصصًا لتشكيل النسج والأعضاء المكونة لهذا الفرد.
- انطلاقًا من هذه المجموعة السكانية، ظهرت تشعبات شجرية، وكان كل جذع ناشئ مرتبط بالقاعدة.
- وكان كل ظهور، فى أصل رتب الثدييات الناشئة، يحدث دون انقلابات كبيرة فى الصبغيات.

وهذا الاستنتاج الأخير لا يؤيد بعض النظريات التى تتخيل منشأً عاصفًا للثدييات الخاضعة لشروط فائقة من الطقس والإشعاعات.

فى هذه المرحلة وصلنا إلى حوالى مائة مليون سنة من تشكل الإنسان. والجذع التطورى الذى يربطنا بجذورنا يظهر عاديًّا جدا مثل الذى يربط بقية أفراد رتبة الثدييات. هذا الجذع مشترك بالنسبة لكل الأوليات، وسيطرأ عليه القليل من التغييرات الصبغية قبل حصول الانشقاق الأول الذى ستخلق منه مجموعتان:

- أشباه القرود (أو ما قبل القرود) الممثلين بشكل أساسى من قبل الليمور فى مدغشقر وتاكسون taxons آخرين فى إفريقيا وماليزيا. وهذه تفترق عنا بشكل نهائى.
- القرود الحقيقية.

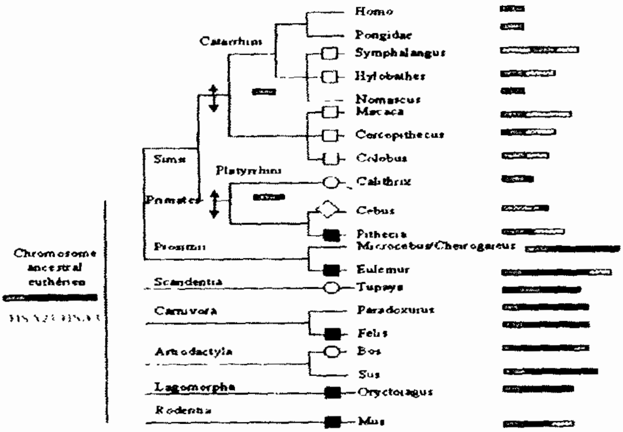
ومن جديد تشكل جذع مشترك بالنسبة لكل القرود. وتحدث فيه القليل من التغييرات الصبغية، قبل أن يتم تفرع كبير ثان، سيفصل قرود العالم الجديد ذات الأنف المعترض عن قرود العالم القديم أو أصحاب الأنف النازل الذين نرتبط بهم. ومن جديد سينفصل قرود العالم الجديد عنا نهائيًّا. عندها بدأ يظهر قبل حوالى خمسين مليون سنة جذع مشترك لكل القرود أصحاب الأنف النازل تتراكم فيه العديد من التغييرات الصبغية. ويوحى ذلك أن فترة طويلة انقضت تشكل خلالها الكثير من الأنواع، وعلى المدى البعيد لم ينتج إلاّ أسلافنا ذرية لهم. وكان من المتوقع أن العديد من المستحاثات ستكون معالم لهذه المرحلة لكن الواقع يختلف. إذن هناك تفسير آخر ممكن، كحصول مرحلة من عدم الاستقرار الشديد، حصلت خلالها تغيرات صبغية متعددة، دون ارتباط مباشر بظاهرة تشكل نوع ما. لكن هناك حدث مهم جصل فى حوالى -٣٠ مليون سنة ألا وهو انفصال بين أسلاف الـ cercopithécoïdes وأشباه الإنسان، ومن جديد كان على العديد من عمليات إعادة التركيب الصبغى أن تتم للوصول إلى مرحلة الأسلاف الأخيرين لكل من المجموعتين. سوف يتشكل أكثر من ستين نوعًا عن السيركوبيتكوئيد وحوالى عشرة عند أشباه الإنسان وعند هؤلاء الأخيرين سينفصل أول الأمر الجيبون gibbons ثم الأورانغ أوتانغ. وهناك أخيرًا جذع مشترك سيقودنا إلى الأسلاف التى نتقاسمها مع الشمبانزى (يوجد نوعان منها) والغوريلا. وبالتالى فنحن على المستوى التطورى أقرب إلى الشمبانزى والغوريلا أكثر من قرب هذه الأخيرة من الأورانغ أوتانغ.

أجدادنا كانوا إذن قرود أولية Pongidae ، وخضعوا للضغوطات ذاتها التى خضع لها القرود الكبيرة حاليًا، أو على الأقل حتى تاريخ حديث. ومع ذلك فالإنسان يتكاثر بينما القرود الكبيرة تنقرض. طبعًا يتحمل الإنسان مسئولية فى هذا الاندثار، وهذا مدعاة للأسف. لكن لا يمكن أن نحمّله كامل المسئولية، لأن مناطق توزع هذه الحيوانات كانت دائمًا محدودة وكثافتها غالبًا ضعيفة.

لدى هذه الحيوانات قدرة ضعيفة على التكاثر، والسبب هو حجمها الكبير المرتبط بفترة طويلة قبل النضج. وكما هى حالنا فإن Pongidae لا يصل للبلوغ قبل سن ١٣ ولا يلد أكثر من طفل واحد. وترضّع الأنثى خلال ٣ سنوات، مما

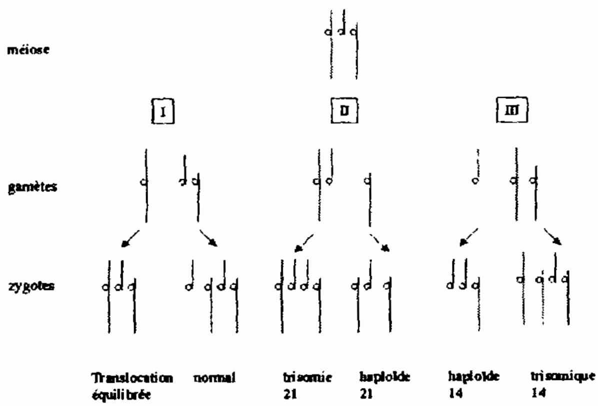
يؤدى لعقمها خلال تلك الفترة. أى أن الفترة بين حملين هى ٥ سنوات وسطيًّا. وفى الطبيعة فإن معدل الحياة لا يتجاوز ٢٥ سنة، مما لا يترك الوقت الكافى إلاّ لثلاثة حمول لكل أنثى. وبالتالى فإن أسلافنا من الـ Pongidae قد عاشوا على شكل جماعات صغيرة، مما يفسر صعوبة العثور على مستحاثات تكون معالم لتاريخ أجدادنا البعيدين. إن الانفجار السكانى البشرى حديث جدا على سلم التطور، ويمكن توضيحه بتنظيمنا الاجتماعى. لكننا ما زلنا ندفع بعض الضرائب لتطورنا الصبغى. وأهمها تثليث الصبغى ٢١ أو المنغولية، لكن ليس كما تم تفسيرها سابقًا بأنها نكوص إلى المرحلة القردية. إذ أن هذه الإصابة تعود إلى نقل سيئ للصبغى ٢١، الذى هو أصغر صبغياتنا. لقد تشكل هذا الصبغى منذ ٣٠ إلى ٥٠ مليون سنة، وأعاد اتحاده مع صبغيات أخرى عند كل الـ cercopithécoïdes وكل الجيبون عدا واحد، لكن ليس لدى الـ Pongidae أو لدى الإنسان.تعتبر هذه الشراكة، أو نقل الموقع، لتشكيل صبغى كبير، بما فى ذلك تثليث الصبغى، لا تتوافق مع الحياة، لذا أدت هذه الآلية إلى التخلص من كل حاملى تثليث الصبغى ٢١ (الشكل ٤).

وقبل أن تتضاعف عملية نقل المواقع هذه فى نسختين (الحالة متوافقة الأمشاج) كما هى الحال بالنسبة لكل الصبغيات، فيجب أن تكون موجودة قبل ذلك فى نسخة واحدة (حالة متخالفة الأمشاج). ويؤدى ذلك إلى حالة شديدة الخطورة بالنسبة للتشوهات الصبغية (الشكل ٥) كما نلاحظ الآن لدى السيدات الحاملات لمثل تناقل الموقع هذا. والحالة متخالفة الأمشاج هذه تنقص بشكل واضح الذرية، لذا يتم التخلص منها ولا تسمح بالانتقال إلى الشكل متوافق الأمشاج إذا كانت الخصوبة منخفضة. وبالتالى فإن زيادة الحجم بالاشتراك مع بلوغ متأخر والتباعد بين الحمول تعتبر عوامل مسئولة عن خصوبة متدنية وغالبًا على الحفاظ على الصبغى ٢١ وعلى تثليثه. وهذه الحالة تصيب ١ من أصل ٧٠٠، ولا تمثل عاملاً اصطفائيًّا على مستوى سلم التطور. وعلى العكس من ذلك، فهى تمثل إصابة مرضية مخيفة، لم يتعلم مجتمعنا بعد كيف يسيطر عليها. وتثلث الصبغى ٢١ ليس إلاّ مثالاً من بين عدد من الإصابات نجد جذورها فى أصل صبغياتنا.



شكل (٤)

مخطط تبسيطي لتطور الصبغي المكافئ للصبغي ٢١ البشري (المستطيل الرمادي) وهذا الصبغي حر فقط عند الإنسان (أى غير مرتبط بصبغي آخر). الـ Pongidae هم نوع ضمن الجيبون.



شكل (٥)

عمليات انفصال مختلفة أثناء الانقسام الخلوى مع تبادل مواقع بين ١٤ و٢١. النساء الحاملات لديهم عامل خطورة أكثر من ١/١٠ لإنجاب طفل مصاب بتثلث ٢١، أما عند الرجال الحاملين فعامل الخطورة هو حوالى ١/٥٠.

الباب الثانى

تنوع الحياة،

التطور وما قبل التاريخ

التنوع الحيوى[1]

بقلم: جان-كلود مونولو
Jean-Claude MOUNOLOU

ترجمة: د. سامر اللانقانى

لا يشكل التنوع الحيوى موضوعًا لاختصاص علمى بكل معنى الكلمة، لكنه تقاطع بين الاختصاصات العلمية، العلوم الحيوية، العلوم الفيزيائية - الكيميائية بالنسبة للبيئة، والعلوم الإنسانية والاجتماعية.

ساحة التقاطع هذه نحن جميعًا واثقون من وجودها. التنوع الحيوى هو تنوع العالم الذى يحيا من حولنا: الأشجار التى تأثرت من العاصفة والتى قاومتها، وهو أيضا الأسماك التى ستجد نفسها سجينة فى البرك عندما تتراجع مياه الفيضان، هو أيضا الجراثيم، والحمات، والبريونات أيضا.

وللتنوع الحيوى وظائف عدّة. قبل كل شىء وبالنسبة لكل واحد منّا يعتبر مصدرًا من المصادر فى الحياة اليومية. فنحن نحتاج للطعام والكساء والتدفئة. هذه المصادر قابلة للتجدد ولكنها عرضة أن تنضب، لكنها مصدر تعلّم الإنسان كيف يجدده ويغنيه. ومما لا شك فيه أن ذلك يمثل حقلاً لنشاط وفائدة المجتمع، وفى هذا الحقل يجد البحث مواضيع تتناسب مع أهمية مهمته، حيث تصبح المحافظة الصادرة عن مشروع مجتمعى قادرة على إيجاد وسائط وأمكنة لعملها، وحيث الإدارة ستسعى لتطويع هذه المصادر الحيوية ليستعملها الإنسان كما يشتهى. والتنوع الحيوى أخيرًا، هو صورتنا وصورة الكائنات الحية الأخرى فى رؤية أخلاقية، مرتبطة بالحقوق والتربية.

---

(١) نص المحاضرة رقم ٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٦ يناير ٢٠٠٠.

والتنوع الحيوى كما نعيشه نحن هنا فى باريس، كرجال ونساء من الدول الغنية والنامية، نعيشه كشعار للطبيعة فى جمال وتنوع منظرها. وعندما نشعر أنفسنا عاطفيًا وباطنيًا مرتبطين بالتنوع الحيوى، فإننا نبدأ بالتفكير بذلك. لكن على العكس من ذلك، فإن ربة بيت فى بلد استوائى فقير، عندما تفكر بالتنوع الحيوى فهى تفكر بأمور أقل غنى بكثير، وقد تكون بذات التنوع الحيوى، وهى التى ستستعملها لتحضير غذاء عائلتها: بعض الحبّات الصغيرة من الفليفلة الصفراء والخضراء والحمراء من أنواع مختلفة، البطيخ وأشكال مختلفة من الفستق. هذا هو التنوع الحيوى. وهو التنوع الذى نعيش معه. وإذا كان جزء كبير من البشر يهتم بالتنوع الحيوى، فهذا بكل بساطة لأنهم بحاجة له حتى نحيا.

لكن من وجهة نظر أكثر علمية، فإن ما أجده عندما أقرأ كتبًا كتبها مختصون يصيبنى بالدوار: دوار الزمن ودوار الأرقام.

وإذا تكلمنا عن الأنواع، فى إحصائيات منهجيى التسعينيات، فقد تم تصنيف مليون وستمائة ألف نوع، لكن المجموع المقّدر هو حوالى عشرة أو مائة ضعف. دوار أمام المجهول.

وهنا يأتى من يشرح لى دون أن يوضح ما هو التدجين، وأن فقط بالكاد بضعة آلاف من هذه الأنواع هى بشكل مباشر أو غير مباشر تحت رعاية الإنسان. وماذا عن الباقى؟ هل هو ثروة أم عبء؟ هل يجب أن نذهب بحثًا عن أنواع أخرى مع أننا نستعمل جزءًا بسيطًا فقط من التى نعرفها؟

ويزداد الدوار عندما أتكلم بتعابير التجدد. علماء العصور القديمة، والعلماء الحيويون المهتمون بالتطور يعلموننا أن العمر النصفى الوسطى لنوع ما على سطح الأرض هو حوالى مليون سنة. مقارنة مع الثلاثة مليارات سنة وأكثر قليلاً التى كانت فيها الحياة موجودة على الأرض. وهذا يعنى أن أنواعًا عديدة مرت على المواقع التى نعيش عليها! كم عدد الذين ولدوا؟ كم عدد الذين اختفوا؟ الأرقام كبيرة جدا ولا أعرف كيف أحسبها.

وإذا اهتممت الآن بالأفراد، فإنكم ستجدون أن العمر الوسطى للفرد هو بشكل عام أقل من سنة. طبعًا هناك العضويات المجهرية التى تعيش عشرات الدقائق أو بضع ساعات أو النباتات السنوية، وبعضها الآخر يعيش سنتين والآخر يعمّر عقودًا. ونحن من ضمن الأنواع التى تعيش نسبيًّا طويلاً، والأشجار أكثر منّا. وطبعًا شعرتم أيضا بآثار العاصفة فى هذه الرؤية. والكتب ذاتها تخبرنا أن كل الأفراد مختلفين وراثيًّا. طبعًا كل منّا يعتبر ذاته جزءًا لا يتجزأ من نوع معين، لكنّه يعرف أيضا أنه مختلف عن جاره، مختلف عن أبيه وعن أمه. وأن أولاده يشبهونه دون أن يكونوا مماثلين له. لهذا لدى دوار الأرقام، ولهذا أيضا لدى دوار الزمن.

إذن الأمور واضحة: إن هذا التنوع الحيوى يتحرك دائمًا وهذا ما أدعوه "نظام فى طور التكوّن".

لماذا نعيش إذن مرحلة من التوتر ومن القلق بالنسبة لهذا التنوع الحيوى؟

لأن زمن هذا التنوع الحيوى – وكان يجب أن أقول "أزمنة" أى كل التى استعرضتها حتى الآن – هذه الأزمنة مختلفة بشكل واضح عن نظم وزمن الحياة الاقتصادية الراهنة. نحن نعيش حسب نظم أسرع بكثير من نظم التنوع الحيوى، ونحن نسرّع الأمور. هل نترك له الوقت الكافى ليتجدد، وأن يكون دائمًا تحت تصرف الإنسان؟ وأنا هكذا آخذ موقفًا إيديولوجيا: واضعًا الإنسان فى الوسط أو أضعه جانبًا، أضع الإنسان فوق أو ربما أسفل، هذا يتوقف على ما تفكرون به. هل يحق لى فعل ذلك؟

وسنصاب بدوار أيضا فى الفضاء، لأن هذا التنوع الحيوى ليس موزعًا بطريقة متجانسة. فنباتات الجبال مختلفة عن تلك التى فى السهول. ونباتات الساحة الصغيرة أمام قاعة المحاضرات هنا ليست مثل التى ستصادفونها على ساحل المتوسط، وخاصة أن الإنسان وضع الأسمنت وزرع الغرنوقى فى كل مكان. ومع ذلك ما هى إلاّ أوساط حية ذات بنى جيدة ومنظمة بشكل جيد. وعلماء الحياة

يستطيعون وصفها وتحليلها ومتابعة عملها. ويقول البيولوجيون لنا أن أماكن التنوع الحيوى هذه فسيفساء متغيرة يمكن أن تبدّل شكلها. وهذا ما رأيناه مع العاصفة. لقد فكرنا أن هذا شيء رهيب، وطبعًا كانت العاصفة كذلك بالنسبة للإنسان وربما أيضا بالنسبة للنباتات – وإن كانت لم تقل لنا ذلك – لكننا نعرف أن فى منطقة أخرى من الأرض الوطنية، فى جزيرة ريئينيون، فإن هذه العواصف ضرورية ولا غنى عنها للحفاظ على تنوع حيوى حركى على الجزيرة. فعندما يمر الإعصار يقتلع الأشجار كما فعلت العاصفة فى المنطقة هنا أو فى الشارنت Charente. ومن بعد هذه الأشجار تأتى أنواع نباتية رائدة لتستقر وتحيا وتعطى بذورًا، وتعطى ذرية عديدة، ثم يتم استبدالها بغيرها، لتستقر بدورها. ويمكن أن نقول عن السابقة إنها تختفى. أما عالم النبات اليقظ فسيبحث عنها بكثير من العناية إذا كان يريد أن يعثر على بذور أو نباتات صغيرة. هل هناك أزمة فى هذا التنوع الحيوى؟ ربما، لكن منظومة جزيرة رئيينيون تحيا مع هذا التتابع، أى شلالات من التنوع الحيوى التى هى جزء من المنظومة، والتى استقرت وتعيش بهذه الطريقة.

وأنا مقتنع، وأريد أن تكونوا كذلك أيضا، أنها ليست منظومة ساكنة. ولا يمكننا إيقاف هذا التنوع الحيوى لكن يمكن أن نؤثر بشدة على مستقبله.

ويعنى التأثير على المستقبل أننا فى مشكلة مجتمعية. تنوع حيوى، نعم، لكن النزاعات قادمة. فليس للجميع رأى واحد وليس للجميع مصالح واحدة. بعضهم يرغب فقط بالبقاء على قيد الحياة. وربة العائلة التى تذهب إلى السوق ليس لديها الهدف ذاته بالنسبة للتنوع الحيوى والمصادر التى يمكن أن تعود بها إلى المنزل من أجل أولادها، مقارنة مع الذين يعيشون أهداف مجتمعية ضمن مجتمعات منظمة وغنية، أو فى مؤسسات عامة أو خاصة هدفها ربحى. لكن كل هؤلاء الأشخاص يأكلون يوميًا ويروون ظمأهم، وهدفهم أو هدفنا جميعًا هو أن نحصل على أفضل طعام بأقل ثمن. كما سنبذل جهودًا لأسباب تتعلق بكل فرد منا عاطفيًا أو روحيًا. وهنا، مهما كانت مجتمعاتنا، يجب تأمين الأمن الغذائى والصحة للجميع. ومن

الواضح أنه لا توجد مساواة بين الجميع فى هذا النظام. فعندما نـرى التطـورات الاقتصادية، الأرباح والتنمية المستدامة: نرى الأهداف كما نرى النزاعات قادمة.

ما التنوع الحيوى؟ إن تعريف الميثاق حول التنـوع الحيـوى يـتكلم عـن المتغيرات بين العضويات التى تعيش فى أوساط مختلفة. فالتنوع يـشمل التنـوع ضمن الأنواع، كما بين الأنواع والنظم البيئية. وهذا التعريف يتناسى العمل الداخلى للعضويات.

قدم الاتحاد العالمى للحفاظ على الطبيعة، بالإضـافة إلـى برنـامج البنـك الدولى، تعريفًا أبسط، وربما أوضح، وإن كان أكثر طموحًا، وتكلما عن "مجمـوع الجينات والأنواع والنظم البيئية فى منطقة ما". وهذا يجعلنا نراجع كامل السلم على مستوى تنظيم الكائن الحى. التنوع الحيوى هو، والحالة هذه، مفهوم مهم لكن مبهم فى الوقت ذاته بالنسبة للجميع.

اسمحوا لى كعالم حيوى بتقديم أربعة تعليقات صغيرة.

بالنسبة لعلماء الوراثة والتطور، يمثل التنوع الحيوى تنوع الجينات والأفراد والأنواع. ويمكنهم دراسة وفهم بعض الآليات، مثل الطفرات والتبادلات الوراثيـة وحركية الجينومات، وهذه طريقة شاملة وغير صحيحة تمامًا لتناول كل عمليـات إعادة التركيب التى تمت على مستوى الدنا والتى سمحت بالتطور الذى تكلم عنـه فرنسوا جاكوب.

لكن هذا يحدث فى سياق نظام حيوى، ونظام بيئى. وبعض الأشـياء التـى تظهر وتختفى، لا تؤثر مطلقًا على جيرانها، وبعضها تجد نفسها مزودة بخصائص تميزها عن غيرها. وهذه أسئلة عن الحياد والاصطفاء، أى إعـادة النظـر اليـوم بالداروينية. ويتم كل ذلك اعتمادًا على أرقام وعلى وظائف. وحسب مـصطلحات العلماء الحيويين فى مجموعات سكانية كبيرة. وهذه طريقة أخرى للقول إن النظام فسيفسائى الشكل، وأن بعض الأفراد ينتقلون من قطعـة إلـى أخـرى مـن هـذه الفسيفساء، أو تتبادل فيما بينها، وبعضها ينقرض، ويتم إعادة شغل الموقع من قبـل

أفراد آخرين من النوع ذاته أو من العائلة الوراثية ذاتها، وأحيانًا من أفراد مختلفين. بعضهم يعودون إلى أجدادهم وخلال رحلتهم يتغيرون قليلاً مانحين الثروة والتجدد فى الأماكن التى كانت سابقًا مأهولة من قبل أجدادهم الأوائل. ويتم كل ذلك بطريقة متباعدة. يقول أنصار التطور أن عدد الأنواع قد ازداد كما أن كثيرًا منها قد انقرض، ولا نتعاطى الآن إلاّ بما بقى فى العام ٢٠٠٠. ويوجد فى هذه الحركية آليات محددة تمامًا، يمكن تحليل مراحلها والتنبؤ بطريقة أكيدة بنتائجها. وهناك آليات أخرى على العكس احتمالية، أى يمكن معرفة كيف تجرى لكن لا يمكن القول ما هى احتمالات إعطاء نتيجة معينة.

والعالم الحيوى لا يهتم فقط بالجينات والتطور، بل يهتم أيضا بوظائف الأعضاء والأفراد، من يبرد منهم ومن يتألم ومن يجوع، والطريقة التى يتم فيها تكاثر الحيوانات والنباتات والعضويات المجهرية والرجال والنساء، والمشاكل السكانية الناجمة عن ذلك. هذا هو التنوع الحيوى. فالأفراد والأنواع لا تستعمل استراتيجيات التكاثر ذاتها حسب الوسط، والفكرة المكونة عنه والطريقة التى يشعرون بها. ويترتب على ذلك نتائج. هناك أنواع تطور تنظيمات اجتماعية ليكون جوابها أكثر دقة فيما يختص بهدف التكاثر، وأنواع أخرى تستعمل الجيران، أو تعيش ضمن تجمعات مشكّلة ما يشبه الاتحادات (الكونسورتيوم) consortium. ونعلم جيدًا أن الأجبان الجيدة ليست نتيجة نوع واحد من الخمائر اللبنية، لكن من كونسورتيوم ماهر يتقاسم المهمات، ويتساعد لإظهار النكهات والطعم والأذواق التى نستسيغها ونختارها. وتتم مبادلات بين هذه الأنواع الجرثومية، لكن بأى طريقة تتم المبادلات؟ هناك طبعًا إشارات وأحيانًا جينات كما أنها تتبادل وتتقاسم الركائز حتى تتغذى.

وهكذا نصل رويدًا رويدًا إلى النظام وإلى هذه الأوساط وإلى هذه المناطق. هذا هو حقل علم البيئة، علم البيئة العلمى.

والكونسورتيوم فى علم البيئة هو التفاعل بين الأنواع، وهو تفاعل مستدام. سيتكلم كلود كومب Claude Combes فى هذا المكان عن نشوء هذا التفاعل،

وطريقة عمله ودوره فى التكاثر الجنسى، أحيانًا بين الشركاء المختلفين وإن لم يكونوا من النوع نفسه.

ومناطق السكن هذه مفتتة. وذُكر تعبير الفسفسياء. وبالنسبة لعالم بيئى، فإن هذا ممتع جدا. ومن هنا يستخلص مراجعه، يقوم بمقارناته، ويمكن أن يجرى تجاربه بطريقة علمية، أى بتقديم توقعات على أرضية النظريات وبتحليل النتائج. ويكتشف أن التنويعات على موضوع واحد متنوعةَ جدا، وتغنى تنوعنا الحيوى، ولكنها عطوبة جدا.

وما يقولونه لنا أيضا، أننا إذا أعرنا انتباهنا إلى ثوابت الزمن، ونظم الأمور والحركيات، فإن هناك نماذج متعددة من السيناريوهات الممكنة لنرى كيف تتطور، وتتحول النظم البيئية هذه.

ويتساءل زملاؤنا فى علم البيئة: هل للتنوع الحيوى وظيفة؟ ونجيب طبعًا. لكن كيف نحللها؟

للإجابة على هذا السؤال يجب معرفة الحيوانات، الجراثيم، والنباتات. أو بكلمة أخرى، يجب أن تكون منهجيًا جيدًا، وعالم نباتات جيد. ومنذ "لينه" Linné فإن التصنيف المنهجى بنى قاعدة علمنا عن الأحياء، وقدرتنا على تمييز الأشياء عن بعضها. واستقت هذه المنهجية مجدها وعاشت وما زالت تعيش صعوبات دوار الزمن ودوار الأرقام. نحن بحاجة ملحة إلى منهجية تصنيفية ولن ننتهى منها. بالإضافة لذلك، فكل شىء يتغير دائمًا. وفى كل الأمكنة الجديدة التى نكتشفها، وفى كل عمليات إعادة التركيب التى ستجرى، سيتوجب علينا معرفة الكائنات الحية. وربما تكون رهانات التصنيفات الجديدة قد أصبحت مختلفة عن معرفة الرتب، والأنواع، وتحت الأنواع. لكن ستتناول معرفة النماذج، المجموعات والوظائف. يوجد هنا مساحة كبيرة من الحرية، والتقدم بالنسبة للمصنفين المنهجيين. ونذكر هنا، أنهم يواجهون صعوبات جمّة، لأن علماء الوراثة يقولون إن المبادلات الوراثية، ومبادلات الدنا قائمة. إن هذا نادر لحسن الحظ لكن ممكن الحدوث. فما

هو المفهوم الذى يمكن أن نستعمله عندها؟ عندما نصادف حمّة تنتقل من البطاطا إلى التبغ، هل نقول أن هذه الحمة تابعة لنوع البطاطا أو تابعة لفصيلة التبغ؟ علمًا بأن الدنا ذاتها لم تتغير ولم يحدث أى تبديل بنوويداتها (نوكليوتيداتها) Nucléotides. أنا، لا أعرف بماذا أجيب، لكن أعرف أن هذا يطرح مشكلة للمصنفين ولنا جميعًا. وأنا ذكرت التبغ بلطف، لكن تعرفون جيدًا أنه كان يمكن أن أتكلم عن الجنس البشرى.

إذن، ها هم العلماء الحيويون منكبّين على العمل. هل ننتظر أن ينتهوا مما ذكرته لكم؟ وهم قد لن ينتهوا أبدًا؟ طبعًا لا. فهذا النظام البيولوجى، يجب استعماله. يجب أن تكون لدينا الجرأة أن نعتبر هذا التنوع الحيوى مصدرًا مهمًّا. طبعًا يشترط لذلك معرفته ومعرفة تأثير الإنسان وخيار المجتمع.

ما الخطوات التى نقترحها؟ نحن نقترح تقييم التنوع الحيوى، وملاحظة كيف يتطور، ثم مناقشة هذه المواضيع فى قراراتنا الاجتماعية والسياسية اعتبارًا من رؤيتنا ومن تراتبية قيمنا. قبل كل شىء علينا إجراء جرد، ورصد، ونظم حماية. ويتطلب ذلك هندسة منشآت للإدارة والتوجيه.

ومن الواضح، أنه إذا كان عددنا سيزداد على هذا الكوكب، فإنه يجب أن يترافق ذلك مع التنوع الحيوى الذى من صالحنا أيضا تقويته حتى يصبح أكثر غنى، ليس من أجله فقط، بل من أجلنا أيضا.

وهذا التنوع بصدد الحصول على إطار قانونى. ومقارنة مع خطوات علوم الأحياء فإن زملاءنا فى العلوم الحقوقية يسيرون فى خطوات عكسية. طبعًا هم يقولون إنى أسير بالعكس. فهم ينطلقون من الأخلاق، من المجتمع، ومن الأفراد، ثم يعرّفون مساحة حريتنا. إنهم ينطلقون من علاقاتنا الاجتماعية ويقترحون قوانين وقواعد يصوت عليها المواطنون عبر ممثليهم المنتخبين. ينطلقون اعتبارًا من التسويات والحلول المقدمة فى النزاعات، ويضعون الممنوعات. وعندما يحدد المجتمع أهدافًا لنفسه، فإنهم يقترحون آليات تتوافق مع الأسطر السابقة. ومن أجل

كل ذلك فإن الحقوقيين العاملين فى مجال التنوع الحيوى بحاجة إلى معرفة وسائل الإدارة المتوفرة، وهم بحاجة لتقويم ما يفعله الجميع.

سأتناول هذا الموضوع فى ثلاث نقاط، مراجعًا أوجه التنوع الحيوى: النظم البيئية، المناطق، وصولا إلى الجينات.

القانون والنظم البيئية قصة قديمة. وهذا ما أدعوه تاريخ المقاربة البيئية. إن حق الملكية قديم جدا وتنعكس نتائجه على التنوع الحيوى: حق ملكية الأرض العامة والخاصة. وهو مذكور ضمن قانوننا. لكن هناك قانون ريفى أيضا يحدد الاستعمالات، وقانون للبحار، نعرف أنه أحيانًا تتم مخالفته. وداخل هذه المؤسسة الحقوقية، عرّف من سبقنا، وآباؤنا، ونحن أيضا، عندما نصوّت على قانون ما، حقوقًا وواجبات خاصة: حقوق الصيد، إدارة المياه التى تنظم الحياة المائية المتنوعة وأيضا الزراعة. وتم تعريف الإجراءات العامة الجماعية للحماية والحفاظ. ولدينا متحف للسواحل، وحتى أوروبا الموحدة اهتمت بالموضوع وأصدرت تعليماتها المسماة "أمكنة العيش" Habitats. ولا أحتاج أن أحدثكم عن النزاعات التى نشأت مع الصيادين حول ذلك.

والأنواع أيضا شاركت ببناء هذا الحق. هنا لا نتكلم عن نظم بيئية بل نتكلم عن أنواع. وعندما نرى كيف يتطور القانون الآن، فإننا نلاحظ أن نقاط الاهتمام قد تغيرت بشكل ملحوظ. فالذئب زمن حرب المائة سنة كان نوعًا مذمومًا ومغضوبًا عليه. لكننا الآن نسعى جاهدين لإعادته إلى بيئتنا. وأنا لا أقول إن كان هذا جيدًا أم سيئًا، لكن أقول فقط أن هذه طريقة لرؤية الأمور. ومن جهة أخرى فنحن لا نتخذ المواقف ذاتها تجاه الأنواع التى نتماهى معها والأنواع الأخرى. فنحن سندافع عن الدب الصغير الذى يلعب به أطفالنا مع أننا ندوس على النباتات المحمية فى جبال البيرينيه. ومن الواضح أننا لا نملك المشاعر ذاتها تجاه الدب وتجاه بعض النباتات الصغيرة المتواضعة. كما أنه ليس لدينا مشاعر لطيفة مطلقًا تجاه العامل المسبب لمرض السل. مع أنه كائن حى هو أيضا. لا بل قد نرغب بمعاملته بطريقة مختلفة

لو توفرت الفرصة لنا. وإذا لم ننجح فى ذلك، فالسبب عائد ربما أيضا للمجتمع. إذن لدينا أنواع على طريق الانقراض، وأنواع محمية، قانون، تصنيفات، وإجراءات. هل هى مطبقة بشكل جيد؟ لكل منكم جوابه الخاص. وحتى بالنسبة للأنواع المدجنة، فيوجد إطار قانونى لتنوعها الحيوى. وفى أفضل العوالم التى يمكن تخيلها، ربما يجتمع الحقوقيون والعلماء الحيويون لتصميم قانون للاستثمار دون طموحات. لكن أخشى أننا ما زلنا بعيدين عن ذلك. ولنحتفظ بهذه الرؤية كحلم بعيد.

بقى أن نتكلم عن القانون والمقاربة الوراثية. المقاربة الوراثية ليست بالشىء الحديث، فقد مارس المزارعون هذه المقاربة منذ العصر الحجرى الجديد دون أن يعوا ذلك: فقد دجنوا النباتات. وعندما قلت لكم أن إنتاج القمح قبل حرب المائة عام كان يبلغ خمسة قنطارات فى الهكتار الواحد، فإنى كنت أتكلم عن سلف القمح الحالى. وكان هذا قمحًا حسب مفهوم لينه Linné، وحسب مفهوم النوع، ولكن كان صنفًا من القمح الذى لم يكن يملك الإمكانات الإنتاجية للقمح الراهن فى وسط يعتنى به الإنسان. وبالتالى، فإن ما قام به علماء الوراثة والاصطفاء، والذين يعملون على تحسين النباتات، المزارعون، والفلاحون منذ سنوات عديدة هو عمل منظّم. كانوا يحتفظون بالبذار بشكل متفاوت المهارة، وفى زمن المجاعة كانوا أحيانا يأكلونه. عام ١٩٢٠، كانت فرنسا من أوائل البلدان التى طورت إطارًا قانونيًّا عندما فرضت شهادات الحصول النباتية التى كانت تشهد على نوعية الصنف الذى يبيعه تاجر البذار، مع الاعتراف بالعمل الزراعى الذى تم. لقد تطور كل هذا النظام منذ عام ١٩٢٠، حتى يومنا هذا. وما زال هناك تشريع مؤطر بشكل جيد، واتحاد لحماية المحاصيل الزراعية، اعتمدته أيضا الـ FAO (منظمة الزراعة العالمية)، وإن لم تكن كل البلاد قد انضمت إليه حتى الآن. وفى عام ١٩٦٦، فى مرحلة من المجد والنشاط الاقتصادى، سنّت الدولة الفرنسية قانونًا ينظم تربية الحيوانات وتأطير التلقيح الاصطناعى. وبالتالى فإن فرنسا مارست علم الوراثة الحيوانى، وأطرت إنتاج الحليب واللحوم ضمن نظم قانونية حيث كان لوسائل المراقبة الديمقراطية أن تمارس مهامها.

أما فيما يتعلق بعالم الجراثيم، فقد كانت الأمور مختلفة، لأن هذه الكائنات الصغيرة، وإن كانت تمثل نصف الكتلة الحية على كوكبنا، فإنها صغيرة لدرجة أننا لا نراها بالعين المجردة. وبالتالى لم نهتم بها قدر اهتمامنا بالأرانب وأشجار البلوط. لكن منذ زمن بعيد، تخضع هذه الجراثيم إلى قانون براءات الاختراع. وأصبح لها حياة قانونية منذ نهاية القرن الماضى وحتى زمننا الحاضر، مختلفة عن النباتات والحيوانات، هى الحياة القانونية للجراثيم.

لكن اليوم بدأت تظهر نزاعات، ولدى انطباع أننا خلال الخمسة عشر عامًا الأخيرة عشنا ثلاثة أحداث كبيرة: قبل كل شيء السيطرة والتحكم بالجينات، التى وإن لم تكن كاملة لكنها سمحت بالانتقال من إظهار الدنا إلى التقنيات الكلاسيكية لعلم الوراثة والهندسة الوراثية، وصولاً إلى تسجيل براءة اكتشاف متتابعات الجينات، وطرقها وإلى تطور مفهوم المصدر الوراثى، لأننا إذا فكرنا فقط بالجينات، حق لنا أن نتساءل. ما المصدر؟ هل هو النبات؟ هل هو الدنا؟ أم هى الطريقة؟ أم هو الذى اشترى الطريقة؟ هذا هو موضوع النقاش اليوم. ودار الحديث عن ذلك أيضا فى مدينة سياتل.

وبشكل موازٍ، فقد عشنا ثورة فى رؤيتنا للحالة الحقوقية للعالم البيولوجى. قبل عام ١٩٩٢، وفى كل النصوص مثل التى صدرت عن الاتحاد لحماية المحاصيل الزراعية، وأيضا فى خطط عمل منظمة الزراعة FAO وغيرها، بما فيها خطط العمل المحوّرة من برامج البنك الدولى، كان التنوع الحيوى يُعَرَّف على أنه إرث مشترك للبشرية. وذكرت اليونسكو ذلك فى شرعتها. لكن فى عام ١٩٩٢ عقد مؤتمر ريو دى جانيرو: التنوع الحيوى فى خطر. ومن ضمن الفقرات العديدة للوثيقة النهائية التى لها قيمة اتفاقية دولية، نذكر فقرة مهمة. ويجب أن أقر أنى كفرد لم أنتبه لها مباشرة، واحتجت إلى ٥ سنوات لأفهمها، لكنى لست رجل قانون. أو ربما كانت عيونى مغلقة إراديا عبر أفكارى الخاصة. تنص هذه الفقرة أن الدول ترى سيادتها معترف بها على التنوع الحيوى الموجود على أراضيها. ويعنى هذا

أن التنوع لم يعد إرثًا مشتركًا للبشرية. طبعًا كلمة "سيادة" لا تعنى "ملكيــة". ومــن هنا حقل واسع للنزاعات. لكن هذا هو ما نحياه الآن وتزيد العولمة من قوته. مــاذا نبيع؟ وبماذا نتبادل؟ من يملك الأشياء؟ من يملك الحقوق؟ من يبادل الحقوق وحسب أى حكومات؟ إذن الملكية الفكرية، البنى الاقتصادية العابرة للــدول ثــم مناقــشات سياتل. لقد سمعتموها كلها.

نحن نعيش إذن وضعًا جديدًا، لكن وضعًا ظهرت فيه أيضا مساحات جديــدة للحرية.

أولاً بالنسبة للدول. فالدول وجدت أن سيادتها تم الاعتراف بها. لا أقــول إن كان ذلك جيدًا أو سيئًا لكنى أسجّل ذلك. هذا الوضع حيث الاختراعات المطورة من قبل الأفراد، أو الشركات، أو البنى المؤسساتية، ينفتح أمامها حقل عمل أوسع بكثير على مستويات تنظيم الحى، على قياس الزمن وعلى قيم مختلفة جدا عن التى كنــا نعرفها عندما كنت فى المدرسة الزراعية.

وبالنسبة للمواطنين هناك أيضا مساحة جديدة للحرية. علــيهم أن يتــصرفوا لكن يجب عليهم أن يتفقوا على مشروعهم المجتمعى اعتمادًا على مــا ســيعرفونه، يفهمونه، يقبلونه، يرفضونه بالنسبة لما سيُعرض عليهم. وفــى هــذه الحالــة أرى ملامح ثلاثة اتجاهات تتبدى:

الاتجاه الأول هو اتجاه العالم الحيوى الذى يهتم بنباتاته الصغيرة وحيواناتــه الصغيرة، والذى يلاحظ زوال فكرة الحفاظ الساكنة مع إعطاء الأفــضلية للحفــاظ الحركى الذى يمكن مواصلته وجرّه بواسطة مفهوم المصدر والإبداع. ومجتمعنــا يسير بهذا الاتجاه.

ومن جهة ثانية سيكون علينا أن نفعل ما علينا أن نفعله. وفى "فعل ما يجب فعله"، سيتوجب علينا طرح السؤال التالى: أين ستكون فى هذا المــستقبل العدالــة والإنصاف؟ كيف سيتم توزيع سلطات الأفراد؟ سلطات الضعفاء وسلطات الأقوياء؟ من سيتكفل بالمصاريف؟ ومن سيدير التراث؟

وفى النهاية، لا يوجد ما نحزن عليه. لقد حصل تقدم حقيقى فى المعارف، تمثل مؤخرًا فى الجينات. لكن الجينات ليست كل شىء. فليست الجينات هى التى تصنع الرجال أو المواطنين. الجينات هى جزء من الرجال والمواطنين، وليست الشىء الوحيد الذى يصنع الرجال والمواطنين. وسنحتاج هذه المعارف التى صدرت عن الجينات، كما التى ستصدر عن عمل العضويات والبيئة، لبناء هندساتنا، ومشاريعنا – وحتى نستطيع دائمًا أن نعيد النظر فيها.

التطور المشترك[٢]

بقلم: كلود كومبيه
Claude COMBES

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

ما التطور المشترك ؟

أصبحت فيروسات المعلوماتية تزداد تطورًا. والبرامج المضادة للفيروسات تزداد تعقيدًا. هذه هى الصورة الحديثة التى يمكن تقديمها عن التطور المشترك. إن الفيروسات تزداد تطورًا لأن البرامج المضادة موجودة، وهذه الأخيرة تتجدد بشكل دائم لأن فيروسات أكثر فعالية تنتشر. التطور المشترك، هو آلية دون نهاية يقوم فيها عدوان، دون توقف، ببناء أسلحة جديدة حتى لا يسبق "الآخر".

العوامل الممرضة والثوى Les pathogènes et leurs hôtes
صراع دون رحمة

إن العامل الممرض، أكان الحمة المسببة للأنفلونزا، أو قمل الرأس لدى طلاب المدارس، هو كائن حى يستعمل عضوية حية أخرى، أى الثوى، ليكون له فى آن واحد مسكنًا ومصدرًا للطاقة. وغالبًا، تتميز الشراكة بين العامل الممرض والثوى بنوعية ضيقة. فلعامل ممرض معين ثويه الخاص به، أو عددًا من الأثوياء الأقرباء. ولدراسة التطور المشترك، هناك مفهوم مهم، هو نجاح التكاثر، الذى تصفه الأدبيات الأنغلوساكسونية بالتعبير الموحى: اللياقة fitness. ففى شراكة عامل ممرض - ثوى، فإن لياقة الطفيلى تزداد إذا سمح الاصطفاء الطبيعى له

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٧ يناير ٢٠٠٠.

باستغلال الثوى بشكل أفضل، بينما تزداد لياقة الثوى إذا سمح له الاصطفاء بأن يقاوم الأنثان infection بشكل أفضل.

نستخلص إذن أن كل الشروط مجتمعة من أجل تطور مشترك. وعلى الأسلحة التى اخترعها العامل الممرض يرد الثوى بأسلحة صممها هو. وكلمة سلاح يجب أن نفهمها طبعًا أنها التكيفات (بالتصرف والفيزيولوجيا والجزيئات) ومن كلمة اخترع يجب أن نفهم خيارات الاصطفاء الطبيعى فى التنوع الوراثى الناجم عن الطفرات. وفى مثل هذا التنازع، حيث التطور المشترك يؤدى إلى مجابهة بين خصمين لهما مصالح متعاكسة تمامًا، يستعمل العلماء الحيويون مصطلح سباق التسلح، مقارنة بدولتين متنازعتين تحافظان على توازن هش فيما بينها. وحيث تخترع كل منها بشكل منتظم أسلحة جديدة قادرة على مواجهة مبادرات الطرف الآخر.

وفى شراكات العامل الممرض – الثوى يجرى سباق التسلح على مستويين متتاليين.

تتم فى المرحلة الأولى عملية اختيار الجينات التى تسمح للعامل الممرض بلقاء ثويه بنسبة حدوث عالية. وكاستجابة لذلك يتم لدى الثوى اصطفاء كل جينة تسمح بتجنب لقاء العامل المحرض.

ويتم اصطفاء الجينات التى تسمح للثوى بتدمير العامل الممرض، خاصة عبر المناعة. وردًا على ذلك يتم لدى العامل الممرض اصطفاء الجينات التى تسمح له بالبقاء على قيد الحياة فى الوسط العدائى الذى تم إيجاده.

نستنتج من ذلك أن التطور المشترك هذا يمكن أن يستمر طويلاً... ولهذا السبب غالبًا، يوجد هذا العدد الكبير من العوامل الممرضة، وسيوجد منها الكثير دائمًا. ولا يختلف هذا التطور المشترك بأى شيء عن الذى نشاهده فى مجابهة الكواسر مع فريستها: فالقطط مثلاً متكيفة بشكل ممتاز للقبض على الفئران، لكن

كذلك الفئران لديها تكيفات ممتازة لتجنب القطط، ويوجد دائمًا فى الوقت ذاته قطط وفئران. ويعرف الأطفال أن الفأر جيرى يعرف اتخاذ القرارت المناسبة التى ستفشل المخططات الجهنمية والمتجددة للقط توم... لقد استطاع جين دايتش Gene Deitsh من شركة وارنر بروس رسم خطوط هذا التطور المشترك ومن دون أن يشك فى ذلك.

زهرة الأوركيد والفراشات: أيضا نزاع...

إن الشراكة المشكلة من بعض أنواع الأوركيد فى مدغشقر والفراشات الناقلة لغبار طلعها لا تدخل فى نطاق التطفل، لكن فى نطاق التعاون. وما الفرق بين الاثنين؟ فى حال علاقة التطفل، إذا كان أحد الشريكين يستغل الآخر، فإنه فى نطاق التعاون فإن الاستغلال يكون متبادلاً. أو بكلمات أخرى يوجد دائمًا عامل ممرض وثوى، لكن هذا الأخير يجد الفائدة من استعمار العامل الممرض له...

إن أنواعًا كثيرة من زهر الأوركيد تملك الطلعيات pollinies، وهى كتل صغيرة لاصقة تحوى حب الطلع، وأنابيب اسطوانية هى الرحقيات nectaires تفرز رحيق حلو المذاق. تأتى الفراشات لتنهل من الرحيق بواسطة خرطومها. لكن لتصل له، تصطدم بقاعدة الطلعيات فتلتصق هذه الأخيرة برأسها. وخلال وجباتها المتتالية للرحيق، تنقل الفراشات هذه الطلعيات من زهرة إلى أخرى، مما يسمح بإلقاحها. لكن، حتى يتم التصاق الطلعيات برأس الفراشة، يجب أن يصدمها الرأس بشدة معيّنة. ومن الواضح أنه إذا كان الوصول إلى الرحيق سهلاً، فإن الفراشة ستنهل منه وتذهب دون طلعيات. وبالتالى، فإن فقط النباتات التى تملك غدة رحيق طويلة، والتى تجبر الحشرة على أن تصدم رأسها بقاعدة الطلعيات حتى تصل إلى الرحيق، تكون قابلة للتكاثر: وبالتالى فإن صفة "غدة رحيق طويلة" تكون فى الاصطفاء. وفى الوقت ذاته فإن الاصطفاء يفضّل صفة "خرطوم طويل" لدى الفراشات. لأن الفراشات ذوات الخرطوم القصير لا تصل إلى الرحيق الثمين،

وبالتالى، نظرًا لسوء تغذيتها لا تستطيع أن تتكاثر بشكل طبيعى. إن مثل هذه الآلية فى التطور المشترك أوصلت إلى أزهار أوركيد ذات غدد رحيق متطاولة جدا وإلى فراشات تملك خراطيم ذات قياسات كبيرة. وكمثال على ذلك فإن زهـرة أوركيد Angraecum sesquipedale تملك غدة رحيق طولها ٢٨ إلى ٣٢ سم، والفراشة Xanthopan morgani التى تلقحها، لديها خرطوم طوله أكثر من ٢٥ سم.

نرى جيدًا هنا أن الشراكة وإن كانت من النموذج التعاونى وليس الطفيلى، فإنها أدت إلى تطور مشترك. وتفسير ذلك أن كل كائن حى هو أساسًا أنانى، ولا هدف له آخر غير نقل جيناته إلى الجيل اللاحق. والتعاون بين الفراشة وزهر الأوركيد ليست آلية غيرية، وإن كانت تبدو على صورة اتفاق تام.

الملكة الحمراء عند لويس كارول Lewis Carroll

وهنا يطرح سؤال أساسى حول دور التطور المشترك فى ظاهرة التطور العظيمة ذاتها. هل التطور المشترك هو مجرد حادثة تروى للتندر، ورواية بعض القصص عن العالم الحى، أم هو على عكس ذلك آلية مهمة وأساسية؟

بالنسبة لـ ليغ فان فالن Leigh Van Valen من جامعة شيكاغو، فإن المحرك الرئيسى لتطور أى نوع حى يمثله الأنواع الأخرى التى يشاطرها مواردها. وكل تقدم فى القيمة التكيفية لنوع ما يغير من بيئة الأنواع الأخرى المحيطة به ويجبرها على التكيّف. وهذا التكيّف يسبب بدوره تبدلاً فى بيئة النوع الأول، ويدفع به إلى فصل جديد للاصطفاء وهلم جرا. ويتم ذلك لأن الموارد محدودة. ويقول فان فالن أن الأنواع تلعب لعبة مجموع ربحها صفر. ودعا هذا الاقتراح نظرية الملكة الحمراء.

وهذا التعبير مستعار من رواية لويس كارول "عبر المرآة"، حيث أليس تمسك الملكة الحمراء من يدها وتركض معها فى بلد العجائب. وتكتشف أليس مندهشة أن المناظر حولها لا تتغير، فتسأل الملكة عن سر ذلك، فتجيبها أنهما

يركضان حتى يبقيا فى المكان ذاته، ولهذا السبب لا تتغير المشاهد من حولهما. والأمور مماثلة فى التطور المشترك: فالأنواع المتنازعة تركض، أى أنها تخترع باستمرار تكيفات جديدة، لكن طبيعتها الداخلية لا تتغير. وهذه الآلية تظهر بوضوح أكثر فى حال نوعين (أو عدد قليل من الأنواع) شكلت فيما بينها شراكة وفية عبر الزمن الذى يمتد ملايين أو عشرات الملايين من السنين. وفى كل مرة يكتسب أحدهما بالاصطفاء ميزة معينة، فإن هذه الميزة تغيّر بيئة الأنواع الأخرى وتجبرها على أن تكتسب بدورها مزايا معوّضة. كتب مات ريدلى Matt Ridley بطريقة تصويرية قائلاً، أن كل تقدم فى الحياة ليس إلاّ نسبيًّا...

تقدّم نظرية الملكة الحمراء ميزة شرح الازدياد المستمر للتعقيد، الذى خلال ٣,٥ مليار سنة، قاد الكائن الحى من حالة الجزىء إلى الإنسان العاقل. وإذا كانت النظرية صحيحة، فالتطور يعنى: الآخرين. والاعتراف بنظرية الملكة الحمراء لا يقتضى بأى حال، أن الأحداث الفيزيائية الكبيرة التى أصابت الكوكب (ظهور الأراضى، انجراف القارات، الانفجاريات البركانية الكبيرة، التبدلات المناخية،...) لم يكن لها دور أساسى فى بعض مراحل التطور، معطيًا إياه طابعًا أقل تدريجية عما كان يعتقد به فى منتصف القرن العشرين.

التطور المشترك الجينوم – الثقافة

مع ظهور البشر على الأرض تأسس شكل جديد تمامًا من التطور المشترك، ليس بين الأنواع الحية لكن بين آليتين. ونصفه بالتطور المشترك ثقافة – جينوم.

وكما ذكر كل من ماركوس فيلدمان Marcus Feldman من جامعة ستانفورد وكيفن لالاند Kevin Laland من جامعة كامبريدج، ما أن استطاع البشر إنتاج أدوات من الحجر، حتى أصبح ممكنًا نقل الكفاءة المكتسبة فى هذا التمرين من جيل إلى جيل، عبر آلية ثقافية وليس وراثية. ومن الغريب فى الأمر، أن التغيرات الثقافية عند البشر تعطى الحق لـ لامارك فى نظرياته: فبالنسبة للثقافة، يحدث نقل للصفات المكتسبة، مادية كانت أم روحية أم استعرافية.

ونتكلم عن تطور مشترك ثقافة – جينوم لأن البشر، استطاعوا عبر تقاليدهم الثقافية، التى تنتقل من جيل لآخر، أن يؤثروا بقـوة علـى الاصـطفاء الطبيعـى للمعلومات الوراثية.

وكثيرًا ما يتم ذكر اختراع الزراعة. فهى سمحت بترجمة فروقـات بدئيـة صغيرة بين الأفراد إلى امتلاك أراض وتراكم ثروات. فروقات تعاظمـت وبـدأت تظهر، ومنها نشأت الممالك والإمبراطوريات والإقطاعات... هذه الانقلابات فـى التراتبية بين البشر جعلت انتقال الجينات يضطرب. وأظهـر مـات ريـدلى، أن السلطة كانت حتى زمن قريب، مرتبطة بإنتاج أكبر قدر من الذرية. ويذكر مثـال الإمبراطور الصينى فى تى Fei-Ti(من سلالة النان) وعـشيقاته الـــ ١٠,٠٠٠، وأمثلة أخرى. وتذكر لورا بيرزغ Laura Berzig أن الأباطرة من سـلالة تـانغ Tang (فى القرن السابع والثامن بعد الميلاد) كانوا يحتفظـون برزنامـة مفـصلة لمواعيد الدورات الشهرية لعشيقاتهم حتى لا يبذروا فى نطافهم الثمينـة... وهنـاك ممارسات ثقافية تغير من الصفات الوراثية للسكان. هذه هى حال قتل الفتيات ممـا يؤدى إلى حصول اختلال فى التوازن بين الجنسين. ومن الأكيـد أن التطـورات الحديثة فى الطب، خفضت من اصطفاء الجينـات المقاومـة للأمـراض. وحتـى اختراع النظارات الطبية كان له كنتيجة منطقية السماح بانتشار جينات حسر البصر بكل حرية.

ويمكن أخيرًا أن نتساءل عما إذا كان الضعف المتنامى للبنية العائليـة فـى المجتمعات الغربية ليس تابعًا لآلية من التطـور المـشترك ثقافـة – جينـوم. إن المكتسبات الثقافية أصبحت تتسارع بشكل جعل الأهل غير قادرين إلا علـى نقـل مفاهيم قديمة لأولادهم، بحيث أصبح الأطفال يغنون معارفهم عبر آليات أفقية (أى عبر أفراد من الجيل ذاته) أكثر من الآليات العمودية عبـر أفـراد مـن الأجيـال السابقة. لقد فقد كل من الجد والجدة سلطتهم... وهل من المفيد أخيرًا أن نـذكر أن التدخل المباشر على الجينوم الانسانى، الذى سيحصل فى الألف الثالـث، سـيدفع بالآليات الطبيعية إلى مرتبة الملحقات البائدة. يبقى أن نأمل أن هذا التـدخل سـيتم لأغراض علاجية فقط، وبشكل خاص لمكافحة الأمراض الوراثية.

إن الأمثلة التى سبقت، تبيّن أنه إذا كان لتطور الجينوم فى سلالة الإنسانيات hominidés قد قاد إلى ظهور دماغ الإنسان المعاصر، وبالتالى ظهور الثقافة، فإن هذه بدورها قد غيرت الضغوطات الاصطفائية المطبقة على الجينومات. وهذه نتيجة متناقضة لهذا التطور على أبواب الألفية الثالثة. إن الحضارات المختلفة التى ولدت فى كيانات جغرافية كانت سابقة مغلقة، أصبحت الآن عرضة للاصطدام فى آلية داروينية للنفى التنافسى أكثر من أن تغنى بعضها بشكل متبادل. وإذا نشأت آلية الملكة الحمراء فيما بينها، فيمكن أن تبقى على قيد الحياة وأن تغتنى من بعضها. أما إذا حصل عكس ذلك وتغلب التنافس البسيط والخالص، فستبقى حضارة واحدة مسيطرة قائمة.

الحوار الجزيئى فى المعايشات[٣]

بقلم: جان ديناربيه

Jean DENARIÉ

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

يشكل الآزوت الجزيئى N_2 حوالى ٨٠% من الغلاف الجوى للأرض. والآزوت هو عامل محدد أساسى لنمو النباتات المزروعة. هذه المفارقة مردها إلى أن جزىء الآزوت ثابت جدا، وأن العضويات العليا حقيقية النواة eucaryotes غير قادرة على استعماله. فقط الجراثيم بدائية النواة Procaryotes الملقّبة بمثبته الآزوت، قادرة على إرجاع الآزوت N_2 إلى امونياك (نشادر). لكن عملية إرجاع الآزوت تتطلب الكثير من الطاقة: فنحن نحتاج إلى ١٦ جزىء من الأدينوزين ثلاثى الفوسفات ATP (معطى الطاقة بين الخلايا) لإرجاع جزىء آزوت واحد. ولهذا السبب فإن النظم المثبتة للآزوت الأجدى والأكثر فعالية هى معايشة تشترك فيها جراثيم مثبتة مع عضويات تقوم بالتمثيل الضوئى photosynthèse قادرة على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.

وتلعب ثلاث معايشات دورًا مهمًّا بشكل خاص:

١- فى آسيا مشاركة الجراثيم الزرق cyanobactéries مع السرخسيات المائية (Azolla) والتى تستغل فى حقول الرز كسماد أخضر.

٢- هناك نباتات خشبية ligneuses تعود لعدد من العائلات تشكل عقدًا مثبتة للآزوت بواسطة جراثيم خيطية شعاعية (actinomycètes) من زمرة

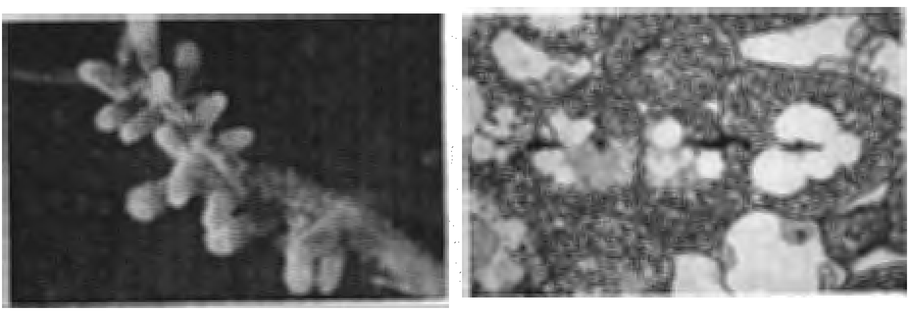
(٣) نص المحاضرة رقم ٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٨ يناير ٢٠٠٠.

Frankia. هذه النباتات التى تدعى ذات الجذور الشعاعية actinorhizes تلعب دورًا مهمًا فى استصلاح الأراضى قليلة الخصوبة أو المنهكة.

٣- لكن المعايشة الأكثر أهمية من وجهة النظر البيئية والزراعية، هى التى تشارك جراثيم التربة (الـ rhizobium) مع البقول (légumineuses).

هناك أنواع عديدة من البقول لها أهمية كبيرة فى تغذية الإنسان والحيوان نظرًا لغناها بالبروتينات.

يتم زراعة نباتات مثل الصويا، فستق العبيد، البازلاء، الفاصولياء لإنتاج البذور بينما الفصّة والنفل فيتم استغلالها لإنتاج الأعلاف. وعائلة البقوليات عديدة، (أكثر من ستة عشر ألف نوع) ومتنوعة جدا (تضم نباتات عشبية سنوية وأشجار ذات أحجام كبيرة) وتستعمر نظم بيئية متنوعة جدا من المناطق حول القطب إلى المعتدلة إلى الصحراوية والاستوائية. ويحرّض الريزوبيوم على جذور البقوليات الأثوياء تَشَكُّل أعضاء حقيقية هى العقد، التى تقوم بتثبيت الآزوت الجوى داخلها (الشكل ١) وتنتج عقد البقوليات سنويًا على كوكبنا كمية من الأمونيا أكبر من مجموع صناعات الأسمدة الآزوتية. لذا من المهم جدا أن نفهم الآليات الوراثية والجزيئية المسئولة عن تشكل هذه الأعضاء.



الشكل (١)

المعايشة بين الريزوبيوم والبقوليات عضو متخصص: العقد – على اليسار

معايشة داخل خلوية تسهل المبادلات بين الشركاء – على اليمين.

حوار جزيئى بين شركاء المعايشة:
جينات nod وعوامل Nod

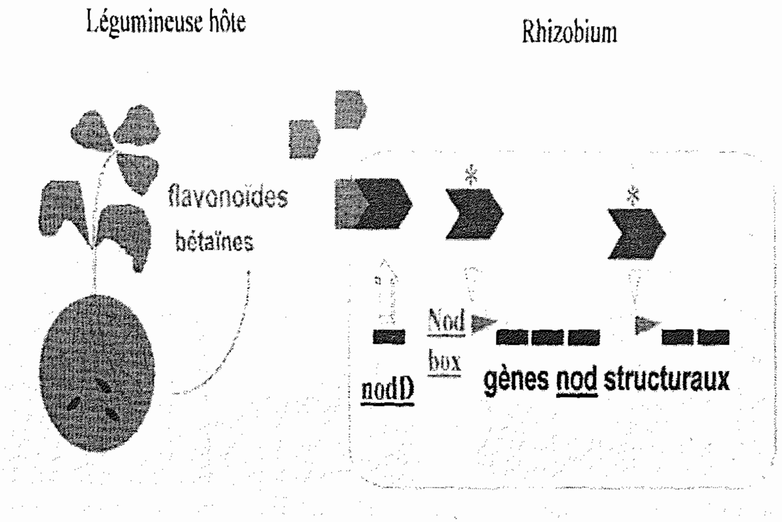
يطلق اسم ريزوبيوم rhizobium على كل الجراثيم القادرة على تحريض تشكل العقد عند البقوليات. ولا تنتمى الريزوبيوم لسلالة واحدة من الجراثيم لكن لعدد من سلالات وراثية، تضم أيضا جراثيم غير متعايشة. وينعكس هذا التنوع لكونها تنتمى إلى أنواع مختلفة Azorhizobium, Bradyrhizobium, Mésorhizobium, Rhizobium, Sinorhizobium. وتعتبر المعايشة بين الريزوبيوم والبقوليات نوعية جدا: إذ أن ريزوبيوم معين لا يحرّض تشكل العقد المثبتة إلاّ عند عدد محدد من النباتات الثوية. ونظرًا للتنوع الكبير الملاحظ على مستوى الجراثيم والنباتات، فهل تكون الآليات المسئولة عن قيام مثل هذه المعايشات متنوعة أيضا بشكل كبير؟

إن التحليل الوراثى لأصناف متنوعة من الريزوبيوم سمح بالتعرف على الجينات nod التى تسيطر على نوعية الثوى، الإنتان، وتشكل العقد. هذه الجينات nod تدخل أيضا فى حوار جزيئى بين الشركاء المتعايشين (الشكل ٢). والجينات المنظمة nodD ترمّز من أجل بروتينات، التى بوجود إشارات (من نموذج الفلافونوئيدات) التى يفرزها النبات تفعّل التعبير عن الجينات nod الأخرى فى البكتريا والتى تسمى جينات nod غير بنيوية. إن الجينات nodD التى ترمّز من أجل مستقبلات نوعية لإشارات النبات تشكل الطبقة الأولى لمراقبة نوعية الثوى.

تتداخل جينات nod البنيوية فى تركيب وإفراز إشارات المعايشة الجرثومية خارج الخلوية أى العوامل Nod. العوامل Nod هى دهنيات - قليلة السكاريد lipo-oligosaccharides، وقليلات الأجزاء للكيتين oligomères de chitine التى تمت أستلتها N-acylés بواسطة سلسلة من الحموض الدسمة. أما الجينات "المشتركة" nodABC الموجودة لدى كل الريزوبيومات فهى تحدد تركيب البنية الأساسية المشتركة لكل عوامل Nod. تلعب هذه الجينات nodABC دورًا أساسيًّا

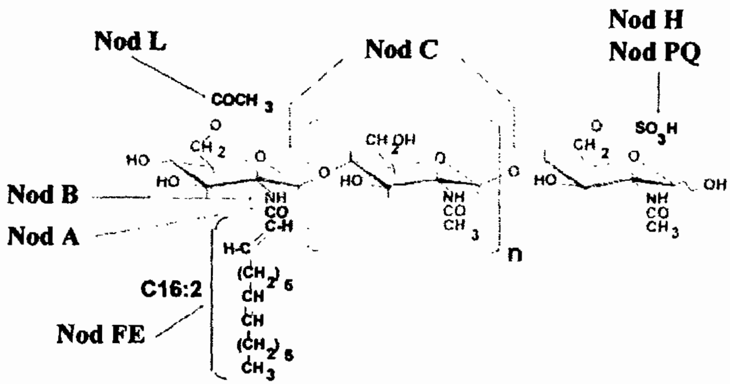
جدا فى تشكل الدرنات (العقد). وأى طفرة فى أحد هذه الجينات يجعل البكتريا غير قادرة على إقامة علاقة معايشة. وكل نوع من الريزوبيوم يملك شكل مضيف خاص به، ويملك بالاضافة للجينات nodABC، تركيبة من جينات nod نوعية "تزيّن" الهيكل المكون من قليلات الكيتين Oligochitinique، بمساعدة تبادلات خاصة تمنح عوامل Nod نوعيتها (شكل ٣).

وهكذا فإن عوامل Nod فى Sinorhizobium للفصّة هى مكبرتة ومؤستلة بواسطة حمض دسم خاص بها. بينما إشارات الـ Azorhizobium لـ Sesbania يتم استبدالها بواسطة نوعين من السكاكر، هى الفوكوز والارابينوز. وأظهرت تجارب وراثية أن الجينات المسيطرة على طبيعة وموقع التبادلات هى محددات أساسية لنوعية الثوى. إن لعوامل Nod نشاطاً حيويًّا كبيرًا وتحرّض حتى بتراكيز ضعيفة (نانو إلى بيكو جزىء)العديد من الاستجابات فى المعايشة شبيهة للتى يتم تحريضها من قبل الجراثيم ذاتها.



الشكل (٢)

إن إنتاج جينات nod البنيوية يتطلب البروتين Nod D ومنبّهات نباتية.



الشكل (٣)

دور منتجات جينات nod.

تطور جينات nod وعوامل Nod

إن عوامل Nod هى المفاتيح التى تسمح للريزوبيوم بالتدخل بشكل نوعى فى البقوليات المضيفة. والتنوع البنيوى للإشارات لتشكيل الدرنات ليس إلا تحولات على موضوع واحد. ودراسة بنية عوامل Nod والجينات المسئولة عن هذه التغيرات يقدم دلائل على الآليات الجزيئية المسئولة عن هذا التنوع الحيوى وعلى تطور نظم الاتصال بين أطراف المعايشات. وكمثال على ذلك فإن بعض الريزوبيوم تنتج عوامل Nod على سلسلة من الحموض الدسمة غير المشبعة، لها صفات مختلفة باختلاف النوع. والقدرة على تركيب مثل هذه العوامل Nod ليست متعلقة بالأصول المتعددة للريزوبيوم لكن بتعدد أصول النباتات المضيفة. وهذه الريزوبيوم تشكل درنات فى بقوليات عائدة لمجموعة محددة تمامًا، وهى سلالة الـ galégoïdes. يمكننا إذن أن نطرح نظرية تقول إنه خلال التطور، ظهر على مستوى فرع من البقوليات، نموذج من مستقبلات لعوامل Nod يسمح بالتعرف على بنية خاصة لسلسلة الحمض الدسم للعوامل Nod.

والبروتين NodA هو إنزيم يسمح بنقل الحمض الدسم على قليل الجزئيات الكيتينى، وهو استيل ترانسفراز نوعى للحموض الدسمة المنقولة ولقليلة الجزئيات الكيتينية المبدّلة، والتى تفيد بقبول الحمض الدسم. وتحليل متوالية البروتين NodA عند مختلف الريزوبيوم يسمح بالتنبؤ ببعض الخصائص البنيوية للعوامل Nod مثل وجود مجموعات الفوكوز والارابينوز وسلسلة حمض دسم غير مشبع. يوجد إذن توافق بين متتالية NodA ونوعية المضيف. إن جينات nod المشتركة تشكل إذن واسمات جزيئية جيدة من أجل دراسة التطور المشترك لمحددات الحوار الجزيئى.

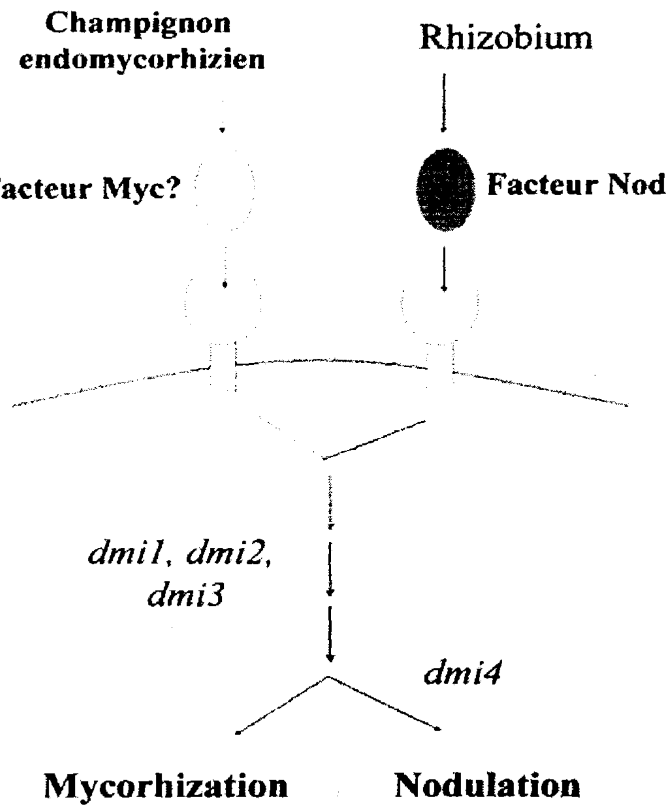
وعند كل الريزوبيوم، مهما كانت المجموعة التى تنتمى لها، يوجد على الأقل جينة nodD، ترمّز من أجل مستقبل إشارات تشكيل الدرنات للنبات المضيف ولجينات nodABC. يجب فى هذه الحالة أن نطرح نظرية أصل مشترك لهذه الجينات المفتاحية التى لها علاقة بتبادل إشارات تشكيل الدرنات. وفيما بعد تم نقل هذه الجينات أفقيًا بين مجموعات مختلفة من جراثيم التربة، معطيًا إياها القدرة على تشكيل درنات فى البقوليات. وتم بعد ذلك توظيف جينات nod نوعية، لتشكيل مشاركات متنوعة تساهم فى تنوع الإشارات. إن جينات المعايشة متجمعة عند بعض الأنواع على البلاسميدات plasmides، مما يساعد على النقل "الكتلى" بين السلالات لهذه البرامج الوراثية. وفى أنواع أخرى فإن جينات المعايشة متموضّعة على الصبغى حيث تشكل "جزيرات معايشة" يمكن أيضا نقلها بين السلالات فى التربة، بواسطة آليات لم يتم تحديدها بوضوح حتى الآن.

لا تشكل جينات nod إلاّ جزءًا بسيطًا من البرنامج التعايشى للريزوبيوم (حوالى ٢٠ مورثة من بين عدة مئات) ويتم تطوير مقاربات أكثر شمولية لتحديد مجموع الجينات المتعايشة للتعايش المجهرى. وسيتم قريبًا الانتهاء من فك متتالية Sinorhizobium meliloti، الذى تم اختياره كريزوبيوم نموذجى، مما سيسمح بتطوير دراسة وراثية وظيفية للريزوبيوم. وسيسمح استعمال مراشح ذات كثافة عالية ومعالجات كمبيوترية بالدنا، بالمشاركة مع مقاربات وراثية، بالتعرف على مجموع جينات الجرثوم وتحديد صفاتها التى تتحرض خلال مختلف مراحل المعايشة.

تثير عوامل Nod المنقّاة استجابات مختلفة على جذور البقوليات المضيفة، وذلك بتراكيز جد ضعيفة (نانو إلى بيكوجزيئية). كما يمكن أن تؤدى إلى إعادة تنظيم هيكل الخلية فى الشعيرات الماصة، وتحرّض على نسخ جينات البقوليات، جينات ENOD، التى يتم التعبير عنها بشكل نوعى خلال المراحل المبكرة للمعايشة، وتلعب دورًا فى الانقسام الخلوى وتشكل الأعضاء فى الخلايا القشرية. وبالتالى فإن البقوليات تملك برنامجًا للتعايش، وعوامل Nod تفعّل جزءًا من هذا البرنامج. كيف يمكننا التعرف على هذا البرنامج الوراثى للنبات؟

أظهر علم الأحياء الحديث فائدة تركيز جهود المجتمع العلمى على عضويات نموذجية. وفى مجال علم الأحياء النباتى، هناك نبتة صليبية صغيرة Arabidopsis Thaliana أضحت هدفًا لبرامج بحث طموحة، ويجب أن ينتهى فك رموز متتالياتها خلال عام ٢٠٠٠. وحصيلة النتائج التى تم جمعها مؤخرًا بالنسبة لهذا النبات النموذجى غزيرة جدا. لكن للأسف فإن الـ Arabidopsis غير قادرة على إقامة معايشات مع الريزوبيوم أو مع الفطور الميكوريزية mycorhiziens (فطر ذو ألياف طويلة يرتبط بمعايشة مع جذور بعض الأشجار). والفطور الميكوريزية الداخلية على الشجيرات تشكل معايشات مهمة جدا. وهى موجودة عند أكثر من ٨٠% من النباتات وتسمح بتغذية معدنية أفضل، خاصة للفوسفات، حيث تمنح النبات المضيف تطاولاً شديدًا لجهازه الجذرى بفضل تطور شبكة واسعة من الغزل بخيوط فطرية فى التربة. إن هذه المعايشات قديمة جدا وتوحى المستحاثات بوجودها منذ العصر الأولى (أى منذ حوالى ٤٠٠ مليون سنة): وبالتالى ساهم وجودها على استعمار الأرض من قبل النباتات. إن البقوليات قادرة على إقامة نموذجين من المعايشات: تشكيل درنات مع الريزوبيوم وتشكيل الاندوميكوريز أى الفطور ذات الألياف الطويلة مع فطور من رتبة الـ glomales.

واستطاعت فرق فرنسية من الـ INRA والـ CNRS (المعهد الوطنى للبحوث الزراعية، المركز الوطنى للبحوث العلمية) بالتعرف على نبات بقولى هو الـ Medicago Truncatula، ويمتاز بأنه يملك جينومًا ذا حجم صغير، ويملك صفات مناسبة لدراسات فى الوراثة الجزيئية. وتم تبنى هذا النوع من قبل فرق أوروبية وأميركية عديدة، كنموذج للتعرف على برامج المعايشة فى النباتات.



شكل (٤) نموذج

يجب أن يتم التعرف على عوامل Nod على سطح الشعيرات الماصة للنبات المضيف، ويتم نقل transduite هذه المعلومة فى حجر compartiments مختلفة

من هذه الخلايا، وفى الخلايا المجاورة بهدف تحريض استجابات مناسبة. وهذا ما ندعوه بتنبيغ transduction إشارة الـ Nod أو الانتقال العارض للإشارة. تم عزل بعض النماذج الطافرة من M. truncatula ذات العلاقة فى تنبيغ إشارات Nod. وكان الشيء اللافت للنظر، أن النماذج الطافرة التى حصل تغيّر فيها فى المراحل المبكرة من شلال النقل هذا، تكون مصابة بآن واحد بالنسبة لتشكيل العقد والاندوميكوريز. وأظهر التحليل الوراثى وجود على الأقل ثلاث مراحل مشتركة فى تنبيغ إشارات المعايشة القادمة من الريزوبيوم (عوامل Nod) والفطور الميكوريزية (ربما تحوى عوامل Myc) (شكل ٤). وما زالت تجرى عمليات استنساخ جينات M. Truncatula، التى تسيطر على مراحل تنبيغ إشارات المعايشة هذه. واكتشاف الطبيعة الكيميائية لعوامل Nod، ولقليلات الأجزاء الكيتينية كان مذهلاً. ففى الواقع الجراثيم والنباتات لا تركب الكيتين، ولم يكن واضحًا ما هو سبب استعمال الجراثيم لقليلات الأجزاء الكيتينية فى حوارها مع النباتات. يمكننا الآن اقتراح نظرية أن برنامج المعايشة ريزوبيوم – بقوليات، الحديث المنشأ نسبيًا، قد اقترض بعض العناصر من برنامج معايشة ميكوريزى أقدم منه. لأننا نجد أن الفطور الميكوريزية تركب الكيتين لبناء جدار الأفطور mycélium. وهناك عدة فرق علمية من تولوز تحاول أن تحصل على عوامل "Myc" نقية لتحدد طبيعتها الكيميائية، ولتعرف إذا كانت أم لا، من قليلات الجزيئات الكيتينية. يجب أن نذكر أنه فى شروط المخبر، فإن إضافة عوامل Nod تحرّض ليس فقط تشكل الدرنات لكن أيضا تشكل الاندوميكوريز. ويمارس حاليًا فى كل مناطق العالم وعلى نطاق واسع تلقيح البقوليات (على عشرات الملايين من الهكتارات) وذلك بتغليف البذور بواسطة سلالات مصطفاة من الريزوبيوم، ويتم ذلك بشكل خاص من أجل الصويا والفصة فى الولايات المتحدة الأميركية، كندا والبرازيل، أرجنتين وأوروبا. وهناك دراسات للتطوير، تجرى حاليًا بالتعاون مع شريك صناعى، ليتم تحديد إذا كانت إضافة إشارات معايشة للتلقيح بالريزوبيوم مثل الفلافونوئيدات وعوامل Nod يمكن أن تسرّع أو تزيد من تشكل الدرنات والميكوريز.

دراسة الجينوم وتحديد هوية برامج المعايشة النباتية

سمحت المقاربات التقليدية لعلم الوراثة الجزيئى بتحديد هوية جينات البقوليات التى يتم تنظيمها بطريقة خاصة خلال تشكل وعمل الدرنات، وهى جينات الدرنين (nodulines). وسمحت طرق تحليل متتاليات الدنا على نطاق واسع، وتطبيق طرق مؤتمتة (automatiques) وتقنيات النانو لدراسة تهجين الحموض النووية واكتشاف طرق تضخيم الدنا (استنساخ و PCR) بتطوير اختصاص جديد هو علم الجينوم. ويهدف لدراسة بنية وتعبير الجينوم بشكل عام، وذلك بتحديد هوية ليس فقط بضع عشرات من الجينات لكن مجموع جينات عضوية ما، أى الآلاف من الجينات.

ويتم فى الولايات المتحدة الأميركية وأوروبا تطوير برامج علم الجينوم بالنسبة لنموذج البقوليات أى Medicago truncatula. وهدف مشاريع دراسات الجينوم الوظيفية تحديد وتحليل متتاليات أكبر عدد ممكن من الجينات التى يتغير تنظيم تعبيرها خلال تشكل الدرنات وتشكل الاندوميكوريز والجينات المشتركة لنوعى المعايشة: تحديد البرنامج الوراثى للمعايشات الداخلية فى جذور النباتات. ومشاريع دراسة الجينوم البنيوية تهدف إلى رسم خرائط جينية وفيزيائية للصبغيات الثمانية، ودراسة توزع الجينات، خاصة المسئولة منها عن المعايشة، على هذه الصبغيات. وتم إظهار أنه ضمن عائلة نباتية واحدة، نلاحظ أن هناك محافظة على ترتيب الجينات الموزّعة على طول الصبغى. ويبرر وجود هذا العمل المشترك تطور دراسة الجينوم المقارنة للبقوليات، أى استغلال البقولية النموذجية لتسهيل الدراسة الجينومية للبقوليات ذات الفائدة الزراعية مثل الصويا، أو الحمّص، الفستق، والفاصولياء، والفول المصرى بالنسبة للبقول ذات البذور، والفصة (البرسيم) والنفل بالنسبة للنباتات العلفية.

وتشكل البقوليات فى الواقع المصدر الأساسى للبروتينات النباتية أكان ذلك بالنسبة لتغذية الإنسان (الصويا فى آسيا، الفاصولياء والحمّص) أو بالنسبة لتربية

الأبقار والخنازير والدواجن. وحصلت مؤخرًا بعض الأحداث (مثل مرض جنون البقر) أظهرت أن استعمال مصادر بروتينية غير نباتية فى تغذية الحيوان ليست خالية من المخاطر. ومن جهة أخرى تمثل البقوليات أفضل وسيلة لإنتاج بروتينيات نباتية فى إطار زراعة مستدامة ومحترمة للبيئة. وفى الواقع فإن قدرتها على تثبيت الآزوت يجعل استعمال الأسمدة الآزوتية غير ضرورى. إن تركيب، نقل، ونشر الأسمدة الآزوتية يستهلك محروقات مستحاثة (طنين من الفيول fuel لكل طن من النشادر)، ويساهم بذلك فى أثر الدفيئة. وأظهرت دراسات حديثة أن إضافة البقوليات فى دورات زراعية، ينقص من ضياعات الآزوت بالغسيل وتلوث المياه الجوفية بالنترات. إن تطور دراسة جينوم نبات بقولى نموذجى يجب أن يساهم فى التحسين الوراثى للبقوليات ذات الفائدة الزراعية، وفى تطور زراعة أكثر ودًّا للبيئة وللمستهلك.

نحو تثبيت متعايش للآزوت فى الحبوب

هناك هدف مهم جدا للمساهمة فى تطور زراعة مستدامة، هو تعميم القدرة على تثبيت الآزوت على نباتات أخرى تزرع على مساحات كبيرة غير النباتات البقولية، كالحبوب مثلاً. يتم حاليًا دراسة عدد من الاستراتيجيات:

١- إدخال جراثيم مثبتة للآزوت فى نطاق جذور النباتات. لكنها فى نطاق جذور النباتات تتعرض لمنافسة من نباتات مجهرية غزيرة جدا وتكون المبادلات الاستقلابية مع النبات المضيف محدودة جدا. وبالتالى كمية الآزوت المثبتة والمنقولة إلى النبات قليلة (ولا تتجاوز ٥ كغ آزوت لكل هكتار).

٢- تملك الجراثيم المثبتة للآزوت حوالى ٢٠ جينة nif تسيطر على تركيب معقد أنزيمائى (نيتروجيناز) مسئول عن إرجاع الآزوت الجزيئى إلى

نشادر. ومن هنا نشأت فكرة استعمال الهندسة الوراثية لنقل جينات nif جرثومية مباشرة ضمن جينوم النباتات، بهدف خلق نباتات مثبتة للآزوت. ويمكن استهداف عضويات من النباتات مثل الكلوروبلاست أو الميتوكوندريا (الصانعات الخضر أو المتقدرات endosymbiotique bactérienne)، التى لديها أصول تعايش داخلى جرثومى، ويجب أن تشكل وسطًا أكثر ملاءمة لتعبير الجينات الجرثومية. ومؤخرًا تم إدخال جينة nifH ضمن صانعة يخضور (كلوروبلاست) لنوع من الطحالب وحيد الخلية هو Chlamydomonas مما سمح بالتركيب الحيوى لبروتين nifH وظيفى. وتعتبر هذه النتيجة مشجّعة جدا، لكن مشروع إدخال كل جينات nif المطلوبة (حوالى ١٥)، مع مستوى تعبير مُرْض ومتوافق مع فيزيولوجيا العضييات organites والنبات، وإن لم يعد تمامًا من مشاريع الخيال العلمى، فهو ما زال من المشاريع بعيدة المدى.

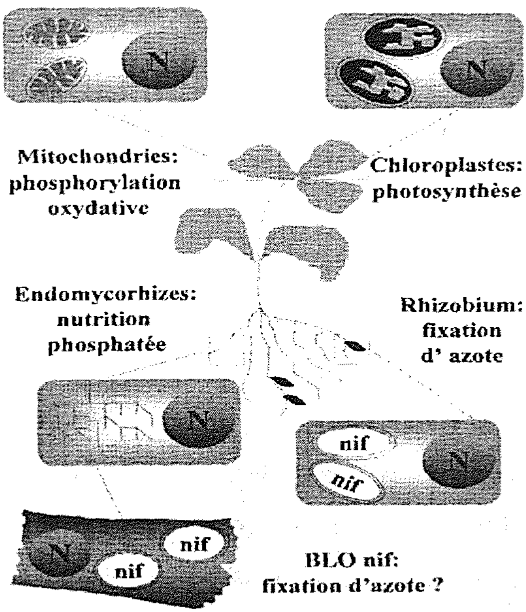
٣- هناك مشروع آخر بعيد المدى ويهدف إلى نقل إمكانية تصنيع الدرنات المثبتة مع الريزوبيوم للحبوب. أى بمعنى آخر نقل جزء أو كامل برنامج تشكيل الدرنات من البقوليات إلى الحبوب. واكتشاف أن جينات البقوليات تسيطر فى آن واحد على تشكل الدرنات وعلى الأندوميكوريز يوحى بأن مثل هذه الجينات موجودة فى الحبوب مثل الأرز، القمح، والذرة وهى قادرة على تصنيع الأندوميكوريز. ويهدف مشروع جينوم وظيفى إلى تحديد البرنامج الوراثى للأندوميكوريز فى نبات الأرز. وستسمح مقارنة برامج المعايشة الداخلية للبقوليات والحبوب بتحديد الجينات المسئولة عن المعايشة الداخلية الموجودة سلفًا فى الحبوب وتلك التى يجب إدخالها انطلاقًا من جينوم البقوليات.

٤- وهناك اكتشاف حديث، تم بواسطة الفريق الذى تقوده باولا بونفانتى Paola Bonfante من جامعة تورينو، يمكن أن يغير كل الآفاق المستقبلية. وبرهن هذا الفريق أن بعض الفطور الأندوميكوريزية مثل

Gigaspora margarita تحتوى جراثيم داخل خلوية داخل الأبـواغ لكـن أيضا فى الجذر. وبرهنت دراسات تضخيم الجينات أن هذه الجراثيم تنتمى لنوع Burkholderia وأنها تملك جينات nif، خاصة الأوبيرون (opéron) nifHDK الموجود عند كل الجراثيم المثبتة للآزوت والتى ترمُز لمركبى الأنزيم نتروجيناز. وفى الوقت الراهن يقوم تعـاون بـين فريـق بـاولا بونفانتى، وفرق من تولوز ومونبلييه بهدف دراسة القـدرة علـى تثبيـت الآزوت لدى الميكوريز. إن اكتشاف جراثيم nif متعايشة داخليًا للميكوريز سوف تفتح آفاقًا جديدة للبحث. وفى الواقع فإن الأهمية الكبرى للمعايـشة الأندوميكوريزية أنها موجودة لدى معظم النباتات المزروعة، بمـا فيهـا الحبوب. ووجود بعض الفطور الميكوريزية التى تملك جـراثيم متعايـشة داخليًا قادرة على تثبيت الآزوت سيفتح الطريق أمام اصـطفاء سـلالات مثبتة بشدة للآزوت ومتعايشة مع الحبوب الأكثر أهمية. ومن جهة أخرى فإن علم الوراثة واصطفاء النباتات المزروعة، خاصة الحبوب، يجـب أن يأخذ بعين الاعتبار القدرة على إنشاء شراكات ميكوريزية، وهذه الصفة لم تؤخذ بعين الاعتبار مطلقًا فى الاصطفاء النباتى فـى مرحلـة البحـوث الزراعية (النصف الثانى من القرن ٢٠) التى قامـت علـى الاسـتعمال الكثيف للأسمدة الكيميائية الآزوتية والفوسفاتية.

يبدو أن المعايشة الداخلية قد لعبت دورًا حاسمًا فى التطور، وذلـك عنـدما سمحت للخلايا باكتساب عضيات organites تلعب دورًا مفتاحيًا فـى اسـتقلاب الطاقة. فالميتوكوندريا (المتقدرات) هى عضييات ضمن خلايـا حيوانيـة ونباتيـة تسمح بالتنفس الخلوى وتركيب الطاقـة علـى شـكل ATP (أدينـوزين ثلاثـى الفوسفات). وهى على الغالب نشأت من شراكة بين خلية حقيقية النـواة بدئيـة لا هوائية، وجراثيم هوائية. واندماجهما المستمر سمح بتشكيل خلايـا قـادرة علـى استعمال الأكسجين للحصول على طاقتها من التنفس (شـكل ٥). والـشىء ذاتـه بالنسبة لصانعات اليخضور (كلوروبلاست)، وهى عضييات تم الحـصول عليهـا

على الغالب بفضل معايشة داخلية مع جراثيم زرقاء قادرة على التصنيع الـضوئى مما سمح للنباتات بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية (ATP). نحن هنا أمام مرحلتين مهمتين أثناء التطور غيّرتا من عمل الغلاف الحيوى وسمحتا بانتـشاره. وخلال القرن ٢١ سيكون على البشرية أن توافق بين تزايد سـكانى فـى الجـنس البشرى المحتاج إلى بروتينات، وضرورة استغلال لبيئتنا بأفضل شـكل وبطريقـة مستدامة: هنا أيضا قد تكون المعايشات الداخلية هى التى ستسمح بـالعثور علـى الحل. نحن أمام أشكال تتداخل فى بعضها فى المعايشة الداخلية: فالنبات يستضيف ضيوفه ويقدم لهم الكربون والطاقة، وفطر اندوميكوريزى يمتاز بالتواجد فى كـل مكان، والذى يستثمر التربة بواسطة افطاره mycélium المنتشر، ومحسناً التغذيـة الفوسفاتية والمائية للمجموعة ويحوى داخله جرثومة متعايشة داخليًا مثبتة للآزوت.



شكل (٥)

اكتساب وظائف استقلابية جديدة بواسطة المعايشة الداخلية

تم تحضير الأشكال التوضيحية من قبل فردريك ديبليه Frédéric Debellé وشارل روزنبرغ Charles Rosenberg (CNRS - INRA Toulouse).

المراجع:

1. Dommergues (Y.), Duhoux (E.), Diem (H.-G.), *Les Arbres fixateurs d'azote*, Montpellier, Éd. Espace 34, 1999, 528 p.

2. Lerouge (P.), Roche (P.), Faucher (C.), Maillet (F.), Truchet (G.), Promé (J.-C.), Dénarié (J.), « Symbiotic host-specificity of *Rhizobium* meliloti is determined by a sulphated and acylated glucosamine oligosaccharide signal », *Nature*, n° 344, 1990, p. 781-784.

3. Dénarié (J.), Debellé (F.), Promé (J.-C.), « *Rhizobium* lipo-chitooligosaccharide nodulation factors : signaling molecules mediating recognition and morphogenesis », *Ann. Rev. Biochem*, n° 65, 1996, p. 503-535.

4. Schultze (M.), Kondorosi (A.), « Regulation of symbiotic root nodule formation », *Ann. Rev. Genetics*, n° 32, 1998, p. 33-57.

5. Yang (G.-P.), Debellé (F.), Savagnac (A.), Ferro (M.), Schiltz (O.), Maillet (F.), Promé (D.), Trilhou (M.), Vialas (C.), Linstrom (K.), Dénarié (J.), Promé (J.-C.), « Structure of the *Mesorhizobium huakuii* and *Rhizobium galegae* Nod factors : a cluster of phylogenetically related legumes are nodulated by rhizobia producing Nod factors with α, β-unsaturated N-acyl substitutions », *Molec Microbiol.*, n° 34, 1999, p. 227-237.

6. Truchet (G.), Roche (P.), Lerouge (P.), Vasse (J.), Camut (S.), De Billy (F.), Promé (J.-C.), Dénarié (J.), « Sulphated lipo-oligosaccharide signals of *Rhizobium* meliloti elicit root nodule organogenesis in alfalfa », *Nature*, n° 351, 1991, p. 670-673.

7. Gianinazzi-Pearson (V.), « Plant cell responses to arbuscular mycorrhizal fungi : getting to the roots of the symbiosis », *Plant Cell*, n° 8, 1996, p. 1871-1883.

8. Drinkwater (L.E.), Wagoner (P.), Sarrantonio (M.), « Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses », *Nature*, n° 396, 1998, p. 262-265.

9. Ladha (J.-K.), Reddy (P.-M.), *The Quest for Nitrogen Fixation in Rice*, Makati City, International Rice Research Institute, 2000, 354 p.

10. Bianciotto (V.), Bandi (C.), Minerdi (D.), Sironi (M.), Tichy (H.-V.), Bonfante (P.), « An obligately endosymbiotic mycorrhizal fungus itself harbors obligately intracellular bacteria », *Appl. Environ Microbiol.*, n° 62, 1996, p. 3005-3010.

المصنع الكيميائى النباتى[٤]

بقلم: ألين-ميشيل بوديه

Alain-Michel BOUDET

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

إن موقفنا متناقض غالبًا تجاه العالم النباتى. فمن جهة ننظر إليه بتسلط ونعطيه شكلاً بشريا، وأفلاطون مثلاً كان يعتقد أن النباتات حيوانات مشوّهة وأن أوبارها المغروزة فى التربة أعطت الجذور. ومن جهة ثانية فإننا نظهر اهتمامًا ضمنيًا تجاه أسرار ومنافع العالم النباتى الكامنة.

ومهما يكن، فإن جزءًا محدودًا من معاصرينا يرى أننا، من أجل بقائنا على قيد الحياة، مرتبطون تمامًا بالنباتات، التى تم ستر دورها الأساسى بواسطة مجموعة من الحجب التى تتوافق مع آليات تحويل المنتجات النباتية فى عالم صناعى.

ويمكن تصوير هذه التبعية بسيناريوهين من الخيال العلمى: إذا ألغينا الحياة النباتية من على سطح كوكبنا، فإن الحياة الحيوانية ستختفى فورًا. أما إذا ألغينا الحياة الحيوانية، فإن عالم النبات سيستمر فى الازدهار.

ما هى إذن نقاط تفوق النظام النباتى، الذى يبدو ظاهريًا بسيطًا جدا، مع القليل من الأعضاء المختلفة وغياب فى الوظائف التى ندعوها متطورة حسب مقياس قيمنا: مثل الحركة، جهاز الهضم، الجهاز العصبى.

---

(٤) نص المحاضرة رقم ٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ يناير ٢٠٠٠.

النباتات كمنتجة أولية فى النظام البيئى

إن النباتات، كعضوية تنمو فى نقطة التقاء الوسط الهوائى والوسط تحت الأرضى، تظهر مجموعة من الكفاءات التى تنفرد بها:

١- القدرة على استخلاص، بفضل تكيفات شكلية، العناصر الموجودة فى هذين الوسطين ولو بتراكيز قليلة (غاز ثانى أكسيد الكربون، أملاح معدنية،...)

٢- القدرة بفضل ظاهرة التمثيل الضوئى التى عمرها حوالى ٣ مليارات سنة على تحويل غاز الكربون إلى مائيات أو هيدرات الفحم (glucides simples) باستغلال الطاقة الضوئية.

٣- القدرة على تحويل هذه المنتجات الأساسية عبر العديد من التفاعلات الأنزيمائية إلى آلاف من الجزيئات المتنوعة وغالبًا المعقدة.

وإذا تعمقنا أكثر فى دارات المصنع الكيميائى النباتى، فإننا نجد أن المنتجات النهائية الصادرة عنه تنتمى إلى ٣ مجموعات: كيمياء الحى، الكيمياء الثقيلة والكيمياء الدقيقة. تمثل الأولى وسطاء فى الحلقات الاستقلابية الكبيرة، البروتينات والإنزيمات ذات العلاقة فى الآليات الأساسية للتناسخ، نقل المعلومات، تركيب البروتينات، النقل الخلوى، التنظيم، إلخ. وهى جزيئات لا غنى عنها للعمل الأساسى للعضوية النباتية والتى نجدها محفوظة بشكل جيد فى مختلف الكائنات مما يؤكد وحدة العالم الحى.

أما منتجات الكيمياء الثقيلة فهى مكوثرات polymères أكثر نوعية للنباتات تقوم بمراكمتها بشكل كبير استجابة لاستراتيجيات التكيّف على مستوى عملها العام. وهى تشكل سواد الكتلة الحيوية النباتية.

أما منتجات الكيمياء الدقيقة أخيرًا فهى تعبّر عن القدرات الهائلة للنباتات فى التركيب، والتى جماعيًا، تركب بضع عشرات الآلاف من البنى المختلفة التى تعكس تنوع الأصناف النباتية وتضمن القيام بالوظائف الأساسية فى العلاقات بين النبات ومحيطه.

وسنتناول فى هذا البحث فقط منتجات الكيمياء الثقيلة والكيمياء الدقيقة التـــى تعبر بشكل خاص عن قدرات ونوعية المصنع الكيميائى النباتى.

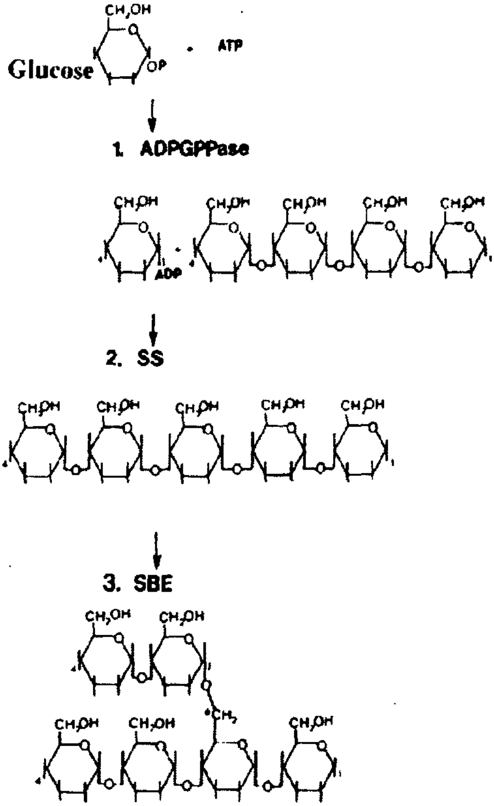
الكيمياء الثقيلة: بساطة ووحدة العالم النباتى، أساس الأغذية والمنتجات الصناعية

يضّم نشاط الكيمياء الثقيلة النشاء والسللوز والخـــشبين lignines... إلـــخ. لائحة المنتجات هذه تتعلق بالمركبات الكبيرة، ولكنها ليـــست شـــاملة. ويمكـــن أن نضيف لها بروتينات الادخار فى البذور، ومكوثرات polymères الـــسطح مثـــل الكوتين cutine والسوبرين subérine.

نجد هذه المكوثرات بشكل ثابت وعلى علاقة بالوظائف القائمـــة، إمـــا فـــى البذور (أو أعضاء الادخار الأخرى مثل الدرنات) أو فى جدر الخلايا التى تحـــدد هيولى cytoplasme الخلايا النباتية وتؤمن الهيكليـــة والـــصلابة النـــسبية للنـــسج والأعضاء.

يمثل النشاء والسللوز نسختان من كيمياء بسيطة نسبيًا وتعتمد على كـــوثرة سكر العنب (الغلوكوز). وينتج النشاء عن اتحاد الذراع α لسكر العنـــب بـــروابط غليكوزيدية بين الكربون ١ و ٤ لوحدتين متعاقبتين (روابط α١ – ٤). والشكل ١ يوضح المراحل المختلفة لتركيب النشاء. واتحاد وحدات ســـكر العنـــب بواســـطة الروابط ٤– α١ تؤدى إلى أحد مركبات النشاء: سلاسل خطية من الأميلوز التـــى يمكن أن تأخذ فراغيًا تموضعًا لولبيًا. وعلى هذه السلاسل الخطية مـــن الأميلـــوز يمكن أن تتركب تفرعات جانبية من الأميلوبكتين بواسطة روابط ٦ – ١ α بتداخل من أنزيم تفرع النشاء (SBB). ويتموضع النشاء على شكل حبيبات قطرها من ١٠ إلى ١٥٠ ميكرون فى محيط رشيم الحبوب albumen أو فى درنات نباتات مختلفة بما فيها البطاطا. وتراكم النشاء فى هذه الأعضاء يفسر لماذا هى القسم الذى يـــتم جنيه. "نجاح" الحبّة إذًا يعود إلى قدرتها على جعل تراكيز كبيرة من المواد المغذية

كالنشاء تتراكم فيها. وهكذا نرى أن المنتجات الزراعية الأربعة الأولى فى العالم أى الأرز، القمح، الذرة والبطاطا تكافئ إنتاجًا كليًّا سنويًّا يقدر بـ ١,٥ مليار طن، وتخزّن النشاء فى أعضاء التخزين فيها. الأرز والقمح يقدمان حوالى نصف الحريرات التى يأكلها الجنس البشرى. وكما سنرى، فإن للنشاء بالإضافة إلى الأهمية الغذائية، استعمالات صناعية متعددة.



شكل (١)

التركيب الاصطناعى للنشاء

تبعًا لـ Martin et Smith, Plant Cell, 1995

وكما هى حال النشاء، فإن السللوز هو مكـوثر وحيـد (homopolymère) للغلوكوز لكن فى حال الأخير فإن الذراع β للغلوكوز هو صاحب العلاقة فى رابط غلوكوزيدى بين الكربون ١ و ٤ من الوحدات المتلاصقة. ويقود مثل هـذا النـوع من الشراكات إلى مكوثر خطّى، سلاسله العديدة (حوالى الثلاثين) يمكن أن تتشارك لتعطى أليافًا مجهرية من السللوز بحالة بلورية سـتلعب دورًا بانيًـا فـى الجـدار النباتى.

يمثل السللوز الجزىء العضوى الأكثر انتشارًا فى الغلاف الحيوى، ويعادل حوالى نصف المادة العضوية التى يتم تركيبها كل عام من قبل أعـضاء التمثيـل الضوئى الأرضية (أى حوالى ٥٠ مليار طن سنويًّا).

وبالإضافة إلى دورها المهم فى النباتات، فإن هذه المكوثرات يتم استثمارها فى النشاطات الإنسانية. فالنشاء هو أساس التغذية البشرية، لكن يستعمل أيضا فـى الصناعات الغذائية كمواد إضافية أو رابط غذائى أو كمركب إيزوغلوكـوز عبـر آليات التحويل... أو ضمن نشاطات صناعية وصفية متنوعة، أو كمواد إضافية فى معاجين الورق، المواد اللاصقة أو البلاستيكية...

والسللوز الذى يتم هضمه من قبل الحيوانات العاشبة المجترة يدخل ضـمن السلاسل الغذائية. لكن استعماله الصناعى أكثر وضوحًا، فهو يمثل أسـاس أليـاف النسيج أو الصناعة من مصادر مختلفة: قطن، كتان، قنب...

ومع ذلك فإن دوره الأساسى فى إنتاج معجون الـورق ومـشتقاته (ورق، ورق مقوّى) يمثل استعماله الأوسع انتشارًا. والقيمة الاقتصادية عالميًّـا لمعجـون الورق والورق المقوّى المنتجة سنويًّا هى حوالى ٧٣٥ مليار دولار. ويتزايد الطلب بشكل مستمر ويتناسب غالبًا مع درجة تطور مختلف البلـدان. إن إعـادة تـدوير Recyclager الأوراق والورق المقوّى يأخذ أهمية متزايدة. ويقودنا مثال الخـشبين lignines، المكوثر الحيوى الثانى فى الانتشار بعد السللوز لـدى النباتـات (٢٥% من الكتلة الحيوية الأرضية) إلى مفهوم التطور الكيميائى الحيـوى. إن مركبـات

الخشبين ليست وصفية إلاّ لدى النباتات الوعائية أو trachéophytes. لقد كانت أولى النباتات الأرضية هى bryophytes وتمثلها الطحالب، محرومة منه. الخشبين هو مكوثر فينولى معقد جدا، وتركيب الخشبين هو نتيجة تكوثر عدد محدد (أقل من ثلاثة) من الوحدات وحيدة الجزء، هى المونو ليغنول، ولكن تعقيدها ناجم عن الشراكة الممكنة لهذه الوحدات بواسطة روابط كيميائية مختلفة دون أى صفة منظمة أو متكررة. وينجم عن ذلك مكوثر عاطل كاره للماء، الذى لدى تموضعه على الجدر يمنحها صلابة ومقاومة ميكانيكية كبيرة، ويزيد من درجة كرهها للماء.

وسمحت الخشبين بنقلة مهمة فى تطور العالم النباتى: الانتقال من وضعية زاحفة (طحالب) إلى وضعية منتصبة (سراخس) وهى الوضعية التى نعرفها بالنسبة لكل النباتات الأكثر تطورًا gymnospermes و angiospermes. وهذه البنية الجديدة تسمح بشغل أفضل للفراغ مما يضفى ميزات تكيفية جليّة. إضافة إلى ذلك فإن قيام جهاز وعائى حقيقى على مستوى الخلايا المتخشبة (أوعية وقصيبات trachéides) سمح بتبادلات على مسافة بعيدة داخل النبات. تم هذا الانتقال منذ حوالى ٣٥٠ مليون سنة، ومن المثير للاهتمام أن نلاحظ، أن التعقيد الكيميائى للخشبين قد ازداد خلال التطور.

وحتى يستطيع النبات اكتساب بنية جديدة ووظائف جديدة، اضطر إلى إيجاد حلول كيميائية معقدة ومكلفة على مستوى الطاقة عكس ما كنّا رأيناه فى المكوثرات السكرية.

وإذا كان الخشبين ضروريًا للاستراتيجيات التكيفية للنباتات المنتصبة، فإن الإنسان على عكس المكوثرات السابقة لا يعرف كيف يستغلّه. فهو يؤثر سلبًا على انهضام الأعلاف من قبل الحيوانات المجترة، ويجب استخلاصه من الخشب عبر آليات مكلفة من جهة الطاقة، ومسببة للتلوث، وذلك على مستوى صناعات عجينة الورق.

الكيمياء الدقيقة: تنوع وتعقّد المنتجات،
تعدد الوظائف بالنسبة للنبات وفى النشاطات الإنسانية

تم أحيانًا تجميع مركبات الكيمياء الدقيقة ضمن مجموعة المستقلبات الثانوية métabolites لأنها على مستوى التكوين الحيوى تشتق كلها من المستقلبات الأولية، وأيضا لأنها ليست ضرورية للعمل الأساسى للخلية.

وساهمت الأبحاث فى السنوات الأخيرة فى إثبات أن هذه المركبات تتداخل بشكل وثيق فى التفاعلات بين النبات ومحيطه وخاصة المحيط الحيوى. وهذه المركبات هى ثمرة التطور الكيميائى الحيوى الذى أقام سلسلة تفاعلات أنزيمائية جديدة وغالبًا معقدة على صورة ما قمنا بتحليله على مستوى الخشبين، والتى تنجم غالبًا عن ظواهر تطور مشترك بين النبات والعضويات الأخرى فى محيطه.

والعائلات الكيميائية الرئيسية الثلاث الممثلة لنواتج الكيمياء الدقيقة هى المركبات الفينولية phénoliques، التربينات terpènes والقلويدات alcaloïdes. وتضم كل واحدة منها حوالى عشرات الآلاف من البنى الكيميائية المختلفة. وهذه اللائحة ليست شاملة، ويمكن أن نضيف لها السابونين، البيتالائين (المسئولة عن الألوان الأحمر والبنفسجى للشوندر وأزهار نبتة الجهنمية) الغلوكوزينولات التى تعطى المذاق الحاد للصليبيات، الغلوكوزيدات المولّدة للون الأزرق... وتموضعها فى النبات متنوع جدا على مستوى أعضائه، لكن على المستوى الخلوى فغالبًا يكون الأمر عبارة عن تراكم حويصلى vacuolaire. كما تلعب دورًا فى الاتصال والتكيّف مع المحيط الحيوى واللاحيوى.

وتحوى المركبات الفينولية بشكل مشترك على الأقل هيدروكسيل فينولى على نواة بنزينية. أما الفلافونوئيدات المؤلفة من ١٥ ذرة كربون فهى غالبًا مسئولة عن ألوان الأزهار والثمار. وطرق تركيب الفلافونول والانتوسيان، وكلهما من تحت - صف عائلة الفلافونوئيدات الكبيرة، تبدأ اعتبارًا من طليعة عامة للتركيب الفينولى هو الكوماروئيل- كوانزيم A، (وهو استر بين الحمض الكومارينى

والكوانزيم A). أما الفلافونول من نموذج الكفيرسيتن أو الكيمبفرول فهى غالبًا مسئولة عن اللون الأصفر. الأنتوسيان أو أزرق الزهور ممثل بشكل جيد فى نبات التبغة. كما أن هناك غليكوزيدات مثل البيلارغونيدين (اللون الأحمر القرميدى) والسيانيدين (اللون الأحمر) والدلفينيدين (اللون الأزرق).

وطبيعة المراحل الأنزيمائية والجينات الموافقة لها، التى تتوسط مختلف التفاعلات أصبحت معروفة بشكل جيد (وليست هذه حال كل المركبات الفينولية أو العائلات الأخرى من المواد الطبيعية). وتم البرهان على أن تبدلات طفيفة فى البيئة الكيميائية لجزىء أساسى، مثلاً عدد جذور الهيدروكسيل بالنسبة للأنتوسيانين تؤدى إلى تغيير فى التلون. وأخيرًا فإن هذه البنى يتم مصادفتها غالبًا تحت شكل غليكوزيد (أى ارتباط مع الغلوكوز أو أى - أوز oses أخرى) مما يسهل انحلالها المائى وتراكمها فى الحويصلات.

وتمتلك المركبات الفينولية وظائف متعددة فى النباتات. وفى حالات كثيرة تقوم هذه المركبات بدور حامٍ أو رادع أو سام تجاه العضويات المجهرية الممرضة أو الحشرات.

وبالنسبة للعضويات المجهرية يمكن أن نذكر مثالين:

- المركبات مسبقة التشكل مثل الفلافان التى تراكمها فى النسيج تحت البشرة فى نباتات الموز تؤمن المقاومة ضد السيركوسبوريوز cercosporiose.
- المركبات التى يتم تركيبها استجابة لهجوم من قبل عامل ممرض بعض مكوناته (السامحة) ستطلق مركبات الدفاع الالكسينات النباتية phytoalexines. وكمثال عنها نذكر أيضا الريسفراترول resvératrol، stilbène بالنسبة لكروم العنب، أو الإيزوفلافون isoflavones من نموذج البيزاتين pisatine فى البازلاء.

وهناك مركبات بسيطة طيّارة مسئولة عن عبير مختلف المنتجات (الفانيلين فى الفانيليا، اوجينول فى الموز، سينامات المتيل فى الفريز...). وتضفى

الفلافونوئيدات أحيانًا شعورًا بالقبض (عفص التفاح الأخضر والسفرجل) أو المرارة (النارنجين فى الكريفون). وبعض المركبات الأخرى تتداخل بشكل سلبى فى آليات التلوّن بالبنى المسببة للجروح أو حوادث الحفظ (مثل حال الحرارة المنخفضة بالنسبة للأناناس). وعلى مستوى التغذية فإن خواص الفلافونوئيدات المضادة للأكسدة فى تغذيتنا يمكن أن ترتبط بدور واق تجاه أمراض خطيرة مثل الأمراض القلبية أو السرطان.

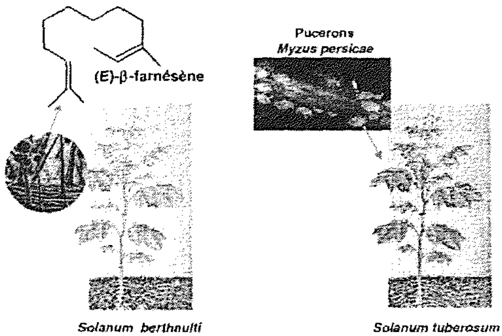
وتتميز التربينات (terpènes) بتجانس كيميائى كبير. وهى مشتقة من نموذج بنيوى وحيد، هو بيروفوسفات الايزوبنتنيل الناجم عن الاستيل كوانزيم A الذى ستؤدى كوثرته إلى تربينات متزايدة التعقيد. وكمثال عن البولى تربين نذكر اللاتكس الذى يحصل عليه من شجرة الهيفيا.

وتمثل التربينات الوحيدة الطيارة أساس الخلاصات العطرية لأنواع مختلفة ولها بنى كيميائية متنوعة. فنجد الجيرانيول بالنسبة للغرنوقى géranium، النيرول بالنسبة للورد، والمنتول بالنسبة للنعنع، التيمول للزعتر... ويتم جمع هذه المركبات تحت مصطلح الزيوت الأساسية ولها استعمال مهم فى صناعة العطور، ومواد التجميل والأدوية.

ويمكن للتربينات الطيّارة أن تلعب دورًا مهمًّا فى العلاقات بين النبات والحشرات. فالنوع الأكثر زراعة من البطاطا Solanum tuberosum حسّاس تجاه نوع من الحشرات (الأرقة) هى Myzus persicae التى تنقل فيروسات تؤثر بشكل ضار جدا على الإنتاج (شكل ٢). لكن صنفًا بريًّا هو S. berthaulti لا تتم إصابته من هذه الأرقات. وهذا التصرف النوعى مردّه إلى إصدار سيسكى تربين على مستوى الشعيرات الغددية الجذرية هو بيتا- فارنيزين. وهذا الأخير يلعب دور هرمون شمّى منذر بالأخطار لدى الحشرات. إذ يتم إرسال هذه الإشارة الكيميائية فى حالات الخطر لإشعار الحشرات القريبة ودفعها للهرب.

وبطريقة أعم فإن كثيرًا من النباتات عندما تتم إصابتها بالديدان، تصدر تربينات تجذب الزنابير القاتلة لهذه الديدان. وهذه الإشارة الكيميائية الطيّارة، هى أشد فعلاً من الاكتشاف البصرى لهذه الفرائس، ويتم إنتاجها عبر تفاعل معقد بين النبات والدودة الطفيلية.

وتضم القلويدات (alcaloïdes) أكبر عدد من البنى. والجزيئات غالبًا معقدة وذات بنية غير متجانسة. وطرق تركيبها الحيوى غالبًا غير معروفة جيدًا.



شكل (٢)

تداخل التربينات فى العلاقات بين النباتات والحشرات.

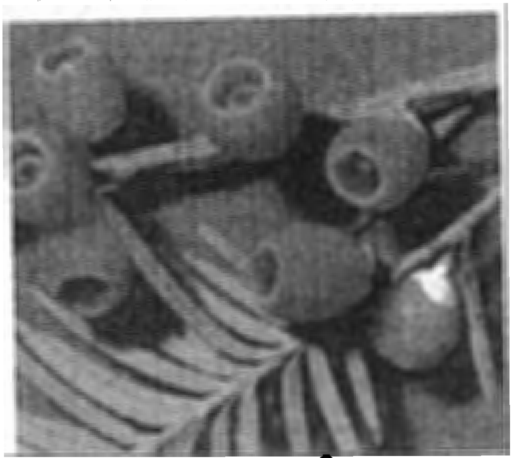
والنقاط المشتركة بين القلويدات:

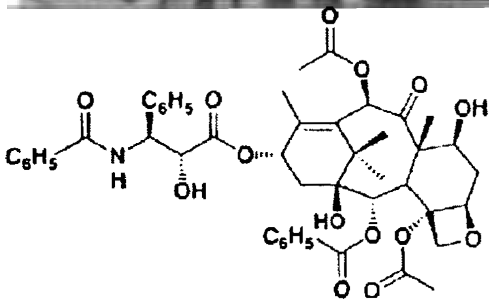
- وجود ذرة آزوت فى الجزىء.
- تفاعل قلوى لمحاليلها.
- خواص حيوية ودوائية على مستوى الوظائف الفيزيولوجية لدى الإنسان.

وبعض القلويدات تحمل أسماءً مألوفة لدينا نظرًا لفعاليتها المنشطة أو استعمالاتها الدوائية: النيكوتين، الكافئين، الكينين، كودئين، مورفين، فينبلاستين...

ويستحق مثال التاكسول taxol تحليلاً أكثر عمقًا، نظرًا لخواصه المضادة للسرطان المثيرة للأهمية (ثدى، مبيض). تم التعرف على هذا الجزىء بداية

(شكل ٣) فى قشر نوع من الأشجار (الطقسوس) على ساحل المحيط الهادى فى أميركا Taxus brevifolia. وأدّت فعالية التاكسول إلى زيادة كبيرة فى الطلب عليه مما هدد بالقضاء على هذا النوع.





شكل (٣) التاكسول

ويحتاج التركيب الكيميائى لهذا المركّب شديد التعقيد ثلاثين مرحلة، ولا يبدو أنه مربح من الناحية الاقتصادية. وبعد محاولات عديدة وغير موفقة لإنتاج هذا المركّب عبر زرع خلايا نباتية أو بواسطة مزارع فطرية، تبيّن أن الحل الأمثل هو اللجوء إلى نصف التركيب. فقد اكتشف الفريق الذى يقوده البروفسور بوتيه Potier من جيف – سور – ايفيت Gif-sur-Yvette أن أحد مركبات أوراق شجرة الطقسوس الأوروبى Taxus baccata، يمكنه تحويل الباكاتين كيميائيًا إلى تاكسول.

وفى حال نصف التركيب، يؤمن النبات نصف العمل والكيميائى النصف الآخر. وهذه الطريقة هى التى أدت إلى طرح مركّب التاكسول فى السوق من قبل شركة رون بولانك (دواء التاكسوتير). وهذا يعطى صورة معبّرة عن تيارات الأبحاث الحالية فى مجال المواد ذات التأثيرات العلاجية (الغربلة الحيوية، مساعدة الكيمياء فى تصنيع مركّب أو مشتقاته...).

والتنوع الكيميائى للمواد الطبيعية يمثل نتيجة لآلية تطور كيميائى حيوى، غالبًا وصفية لمجموعات نباتية خاصة، قادت إلى خواص أنزيمائية جديدة. والأنزيمات الجديدة ناجمة بدورها عن التعبير لمتتاليات جينية تغيرت بشكل طفيف (طفرات نقطية، تبادل فى المواقع...) وذلك خلال مراحل التطور.

وبعض المواد الطبيعية ذات التوزيع المحدد بين النباتات، يمكن استعمالها كواسمات فى دراسات علم قوانين التصنيف التى تهدف إلى تصنيف النباتات وتعريف القرابات فى التطور بين العائلات والأنواع. وعندها نتكلم عن التصنيف الكيميائى. وهذه المعايير الكيميائية تضاف إلى المعايير الشكلية ولكن لا تحل مكانها. فالمعايير الشكلية استخدمت دائمًا فى علم قوانين التصنيف، أو المعايير الجزيئية المرتكزة على التشابه بين متتاليات جينات نوعية. وتظهر الدراسة توزيع أحد الفلافونوئيدات (التريسين) tricine لدى وحيدات الفلقة monocotylédones، وتبين وجود هذا المركب فى الرتب القريبة سلاليًا مثل الـ cyperales, arecales و poales (التى تضم كل الفجيليات graminées وحيدات الفلقة)، ولكن أيضا فى الرتب البعيدة مثل الأوركيدية. هذه الأنواع بعيدة على مستوى التصنيف النباتى، لدرجة يمكننا معها أن نقول إن التطور الذى أوصل إلى موضع جينات استقلاب التريسين فيها، قد تم بشكل مستقل ومواز. مما يوضح إحدى حدود المقاربة الكيميائية السمية.

مرونة ودقة المصنع الكيميائى النباتى

إن النبات لا ينتج دائمًا بالشدة نفسها وفى كل وقت، كل العناصر التى تتيحها إمكاناته الحيوية. وإن تركيب العديد من مركبات الكيمياء الدقيقة هـى مـثلاً يـتم تحريضها فى حالات مختلفة من الشدة حسب علاقتها بدورها فى الدفاع. وبعض مركبات التراكم تتموضع بشكل عابر فى بعض مراحل التطور. وهذه هـى حـال الحموض الألى حلقية alicycliques: كينيك quinique وشـيكيميك shikimique التى يمكن أن تتراكم بتراكيز عالية (أكثر من ١٠% من المادة الجافة) فـى أوراق الكثير من الأنواع الخشبية. ويكون التراكم أعظميًا فى الربيع، ثـم تهـبط النـسب خلال الصيف، وتستعمل هذه المركبات كطلائع فى التركيبات الفينوليـة. ويلعـب الدور المحرض لتشكيلها كل من الشروط البيئية، الضوء والحرارة وذلـك بـشكل خاص فى الشكل الكيميائى الحيوى للنبات.

وهناك مثال واضح كان نتيجة أبحاث مختبرى علـى النـوع Kalanchoe blossfeldiana. ويراكم هذا النبات كمية كبيرة من العفص فى الأيام الطويلة. ومع ذلك فعند نقل النبات إلى مرحلة الأيام القصيرة، فإن محتواها من العفـص ينهـار وبشكل مواز فإن المحتوى من الحمض المالى acide malique التى كانـت قليلـة يبدأ بالارتفاع. وبالتالى فإن معيار طول اليوم يؤثر بـشكل حاسـم علـى توجيـه الكربون إلى أحد مركبى التراكم.

وبالنسبة للتموضع الفراغى للمركبات المتراكمة، فيوجد غالبًا تناسـب بـين التموضع والوظيفة. والفلافونوئيدات التـى تلعـب دور واق مـن الأشـعة فـوق البنفسجية، لها توضع فى البشرة. وهناك مركبات تتداخل فى الدفاع تتموضع تحت البشرة (مثل فلافانات الموز). والمركبات التربينية الطيـارة يـتم تراكمهـا فـى الشعيرات الغديّة أو الجيوب المفرزة على سطح الأعضاء.

وعلى المستوى تحت الخلوى، فإن تخزين المركبـات العديـدة للاسـتقلاب النباتى يتم فى الحويصلات vacuole، حيث يمكن لهذه المنطقة المغلقة المحبة للماء

فى الخلية النباتية، والعاطلة استقلابيًا، أن تشغل حتى ٩٠% من حجم الخلية وتكون المواد الطبيعية المخزنة بتراكيز عالية غير ضارة بالنسبة للوظائف الاستقلابية للهيولى. وتراكم غلوكوزيد حمض الأورتوكوماريك فى الفجوات لدى الـ Melilotus alba يوضح إحدى فوائد هذا التحاوز compartimentation. إذ يمكن لهذا المركب أن يتراكم فى الحويصل بتراكيز عالية على شكل ٢ ايزومير (زمير) شكل cis وشكل trans (تصل حتى ٤% من وزن الكتلة الجافة لدى الأصناف المزروعة). وعندما تتم حَلْمَأة الغلوكوزيدcis بتأثير الغلوكوزيداز، فإن الحمض المحرر يتحول عفويًا إلى لاكتون مشكلاً الكومارين، وهو مركب سمّى خاصة بالنسبة للحيوانات إذ يمنع تخثر الدم... وفى النبات، تكون الغلوكوزيداز الفعالة متموضعة حصرًا فى الجدار. وفى حال تخريب التحاوز الخلوى (أو التوزيع على حجرات) نتيجة جرح أو اعتداء من قبل حشرة أو حيوان عاشب، يحصل التماس بين الغلكوزيداز والغلوكوزيد ويتشكل نتيجة الحلمأة الكومارين السام. ويمثل ذلك آلية رادعة تجاه المفترسين. إن غلوكوزيد حمض الأورتوكوماريك، المحصور فى الحويصل، يمثل بهذه الطريقة "قنبلة موقوتة" يتم إطلاقها من قبل العضوية المعتدية.

خاتمة واستشراف

إن العضوية النباتية ذاتية التغذية بالنسبة للكربون، لكن غير المتحركة استطاعت أن تطور استراتيجيات متنوعة لتتكيف فى مكانها مع بيئتها المتغيرة. وترتكز هذه الاستراتيجيات الكيميائية على ظواهر الجذب، النبذ، تثبيط نمو الشركاء، طفيليين كانوا أم مفترسين. كما يمكن أن تتداخل فى تكيفها مع المعايير الفيزيائية للمحيط (ضوء، جفاف، حرارة قصوى، ملوحة...). ويبدو أن النباتات قد استطاعت وضع آليات تكيفية ناجعة فى معظم الأحيان، وإذا أخذنا بعين الاعتبار التنوع الكيميائى الكبير فإنه يمكن أن نتصور أن أنواعًا نباتية مختلفة قد طورت حلولاً مختلفة لمشاكل متشابهة.

وإذا عدنا إلى المركبات ذات العلاقة فى الدفاعات الطبيعية للنباتات، فالكثير منها سامة أو تؤدى لإنتاج صفات رادعة عند تناولها: قابضة، مرارة بعض المركبات الفينولية، طعم حاد ناجم عن الغلوكوزينولات فى النباتات الصليبية مثلاً. والاصطفاء الذى يمارسه المزارعون لتحسين النباتات، قاد تدريجيًا إلى إلغاء أو الإقلال من نسب هذه المركبات على مستوى الزراعات الواسعة أو المنتجات النباتية المستعملة فى التغذية، بحيث جعلتها مقبولة بشكل أفضل من قبل المستهلك. وأدى هذا التناقض إلى أننا بحاجة إلى رش آلاف الأطنان من المبيدات الحشرية على نباتات تم حرمانها من دفاعاتها الطبيعية.

والأمثلة التالية تعرض طرقًا متجددة لاستغلال موارد المصنع الكيميائى النباتى.

- **الدواء والغربلة عالية الصبيب**

يمكن اعتبار ١٢٠ بنية كيميائية مشتقة من حوالى مائة نوع نباتى كأساس للأدوية المهمة. وتم اكتشاف ثلاثة أرباعها باستغلال نباتات كانت تستعمل فى الطب الشعبى، أو نباتات تستعمل تجريبيًا فى العلاجات. وإذا اعتبرنا أن فقط ١٥% من ثلاثمائة ألف نوع نباتى موجودة على الأرض تمت دراستها بشكل منهجى بالنسبة لفعاليتها الحيوية، فإننا نرى أنه ما زال هناك حقلاً واسعًا مفتوحًا أمام التنقيب.

وبعد مرحلة تم فيها تفضيل مشتقات الكيمياء الصنعية، نلاحظ عودة الاهتمام بالمواد الطبيعية فى مجال الدواء. والإمكانات الجديدة فى الغربلة ذات الصبيب العالى تسمح بتوقع ظهور جزيئات فعّالة جديدة. وترتكز هذه الاستراتيجيات على أبعاد ثلاثة مكمّلة لبعضها:

- إن أتمتة الاختبارات فى الزجاج لآليات الغربلة تسمح بتقييم حتى ٢٠٠,٠٠٠ جزيئة بالشهر، على مستوى موقع واحد من أجل وظيفة بيولوجية محددة.

- إن تعريف الغربال المبسّط بشكل أكثر دقة، اعتمادًا على التطــور فــي مجال دراسة الجينوم وما بعد الجينوم، تسمح بالتعرف بشكل أفضل على الأهداف الجزيئية المهمة فى الأمراض الرئيسية.
- إن الاستغلال المتزايد لنباتات تمت دراستها سابقًا عبر اختبارات أخرى، أو لم تتم دراستها حتى الآن (نباتات استوائية أو تحت استوائية...) يطرح فى الوقت ذاته، قضايا حقوقية وأخلاقية بالنــسبة لموضــوع الملكيــة أو احتكار الموارد الجينية للتنوع الحيوى النباتى.

- **العلاج بالتغذية Nutraceutique**

يغطى هذا المصطلح أبحاث ودراسات وأفكار راهنة، إذ بالإضافة إلى إشباع حاجات غذائية أساسية، يتوجه الاهتمام الآن إلى بعض المكونات الثانوية فى الغذاء (بالنسبة للطاقة التى تقدمها)، إذ يمكنها أن تلعب دورًا مهمًّــا فــى الوقايــة مــن الأمراض المهمة (سرطانات، أمراض قلبية وعائية...) أو فى حال الاضــطرابات المرتبطة بمراحل انتقالية فيزيولوجية مثل سن الاياس. وتعددت الدراسات فى هــذا الاتجاه وبدأت المجموعات الكبيرة فى الصناعات الزراعية-الغذائية تهــتم بــشكل خاص بهذا المجال الذى يهدف إلى المحافظة على صحة جيدة عبر تغذية عقلانيــة مثلى.

يمكن أن نعتمد على مستويين بشكل مبسط خلال مقاربتنا للعلاج عن طريق الغذاء.

- مستوى العوز الفيتامينى، أو الحموض الأمينية الأساسية... ويصيب هــذا العوز الدول فى طور النمو بشكل خاص عدا عــوز الفــولات الأكثــر انتشارًا فى العالم.
- مستوى آخر أكثر دقة يتناول العوامل الواقية: الاســتروجينات النباتيــة،

مضادات الأكسدة... التى ترتكز آثارها الايجابية غالبًا على علاقات مشاركة، لكن دون إثبات لا يقبل الجدل. تهدف الدراسات الوبائية والأبحاث المعمقة فى الوقت الراهن إلى تقديم أساس علمى متين لإثبات الآثار الإيجابية الممكنة، التى يمكن أن تبرهن على صحة الادعاءات بفائدتها الصحية، بهدف الحصول على الترخيصات التى تمنحها تشريعات الدول بطريقة شحيحة.

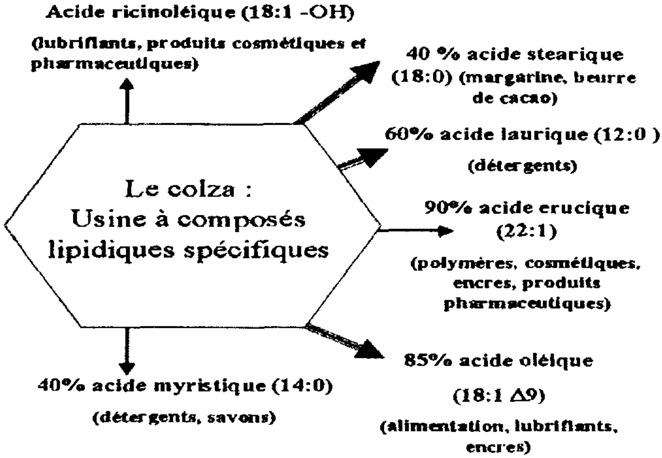
- **النبات كمفاعل حيوى فى الحقل**

يقع هذا القطاع الأخير فى المنطقة الفاصلة بين التحقيق الممكن والسيناريوهات المستقبلية. ويقوم على استعمال وسائل الهندسة الاستقلابية لاستغلال نباتات تزرع على مساحات واسعة وتعتبر مفاعلات حيوية حقلية، وذلك بهدف جعلها تنتج جزيئات مفيدة سواء أكانت تنتجها عادة بشكل طبيعى أم لا.

وهكذا تم استعمال نبات الكولزا (نبات زراعى دهنى من الفصيلة الصليبية) فى الولايات المتحدة الأميركية بشكل واسع لإنتاج مواد دهنية غنية بحموض دسمة نوعية لاستعمالات صناعية أو غذائية. إن التقدم فى المعارف عن الأنزيمات، التى هى مفاتيح تركيب الحموض الدسمة، والجينات الموافقة لها من جهة، وقدرة نبات الكولزا الذى يحتل المرتبة الثانية بين النباتات الزيتية على مستوى العالم على أن يتحول وراثيا من جهة ثانية، قادت إلى اختيار هذا النوع، على مقاس واسع، من أجل التلاعب بمستويات الدسم فيه.

ويوضح الشكل ٤ التغييرات التى تم إحداثها عبر الهندسة الوراثية على مستوى زيت الكولزا، الذى يوضح فى المستطيل السفلى تركيبه الطبيعى بالنسبة للحموض الدسمة. والنباتات المعدّلة وراثيا تنتج نسبًا جديدة من الحموض الدسمة بدأت زراعتها على مساحات واسعة (الأسهم المزدوجة) أو يتم إنتاجها فى المخبر (سهم مفرد). وهذه السيطرة على إنتاج الأجسام الدسمة النوعية مرشحة للتعاظم والتنوع ضمن إطار الاستعمالات الصناعية.

وهناك تطبيقات أخرى توضح إمكانات النباتات كمفاعلات حيوية حقلية. نـدعو ذلك الزراعة الجزيئية molecular pharming وتهدف إلى جعل النباتات تنتج مـوادًا علاجية أو لقاحات، بروتينات أو أنزيمات ذات قيمة علاجية. ويمكن أن نـذكر أيـضا إنتاج النباتات لـ بولى هيدروكسى بوتيرات، وهى مـواد بلاسـتيكية قابلـة للتفكـك العضوى. كما يمكن لقطاع الوقود الحيوى أن يستفيد أيضا من هذه التطبيقات.



	61%	22%	10%
acide	oléique	linoléique	linolénique
	C18:1	C18:2	C18:3

شكل (٤)

الكولزا مصنع للمركبات الليبيدية النوعية.

والإنسان، الذى اعتمد على النباتات للبقاء على قيد الحياة، بحث منـذ آلاف السنين عن طريقة لاستغلالها بالشكل الأمثل فى سبيل استخلاص أكبر كميـة مـن الموارد. واكتسب حديثًا إمكانية إضافية، وهى تغيير وظيفـة المـصنع الكيميـائى لصالحه. وهذه القدرة بالإضافة إلى استثمار عقلانى للتنوع الحيوى يجب أن تقـدم فى العقود القادمة فوائد جديدة ومنتجات آتية من عالم النبات.

الأسس الوراثية للتطور البشرى[*]

بقلم: أندرية لانجانى
André LANGANEY

ترجمة: د. سامر اللانقانى

حتى نستطيع الكلام عن التطور البشرى، يجب قبل كل شىء أن نذكر تطور أسلاف البشر الحاليين، ويمثل ذلك حوالى ٣،٨ مليار سنة من تاريخ الحياة، وهو تاريخ سبق البشر فى ٩٩،٩% منه. إن الذين شكلوا أساس سلالتنا بشكل رئيسى لم يكونوا بشرًا. وكان ذلك مثارًا لجدل كبير وحروب كلامية.

عام ١٦١٩، تم نزع لسان كاهن إيطالى هو يوليوس قيصر فانينى، ثم تم خنقه وحرقه حيًا فى الساحة العامة لمدينة تولوز فى فرنسا، لأنه اقترح من ضمن أمور أخرى، أن البشر تنحدر من القرود. حدث ذلك قبل داروين، الذى تعزى له هذه الفكرة، بقرنين، وقرن ونصف قبل لامارك الذى ذكر ذلك كتابة قبل ولادة شارلز داروين بثمان سنوات. فيما بعد تم تأكيد هذه الأفكار ضمن إطار نظرية عرضها للمرة الأولى جان باتيست دو مونى Jean-Baptiste de Monet، فارس دو لامارك de Lamarck: نظرية تطور الأنواع.

ومن الممكن أن نقيم تصنيفًا للأنواع الحية اعتمادًا على بنية جزيئية لأنزيم موجود فى كل الخلايا لكل الكائنات الحية هو السيتوكروم cytochrome C. وقد تمت دراسته منذ أكثر من ثلاثين عامًا عند العديد من الأنواع، والمتوالية فى الجزء الفعال لهذا البروتين هى تقريبًا ذاتها فى الأنواع المختلفة، لكن يوجد اختلافات فى

(*) نص المحاضرة رقم ١٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ يناير ٢٠٠٠.

الأجزاء غير الفعالة لهذه المتواليات. وتزداد الاختلافات بتباعد الأنواع عن بعضها فى درجة قرابتها ضمن تصنيف الأنواع. وإذا كان كل السيتوكروم متشابهًا فإن ذلك يعود إلى أنه عبارة عن تحولات للجينة البدئية ذاتها، وتمت وراثتها عبر السلالات المشتركة لكل الأنواع. يقتضى ذلك إذن أن لكل هذه الأنواع أصل مشترك. وما تم اكتشافه بالنسبة للسيتروكروم، صحيح أيضا بالنسبة لكل الجزيئات الكبيرة الأخرى التى تؤمن الوظائف الأساسية للحياة: التكاثر، تركيب البروتينات، إنشاء البنى الخلوية، وبالنسبة لمعظم الكائنات الحية الوظيفة الجنسية.

وهناك متوالية دنا (الحمض الريبى النووى منقوص الأوكسجين) تم العثور عليها فى ذبابة الخل: الدروزوفيل الشهيرة لدى علماء الوراثة، ترمّز هذه المتواليات الجينات التى تنظم هذه الذبابة من الأمام إلى الخلف. تم هذا الاكتشاف بفضل مجموعة والتر غيرنغ Walter Gehring من بازل فى سويسرا، ويظهر أن عكس ما اعتقده علماء البيولوجيا الجزيئية حتى الآن، فإنه يمكن أحيانًا أن يكون فى عضوية ما وفى موروثها الجينى، على أحد الصبغيات، وعلى أحد جزيئات الدنا، شبه مخطط مسبق التصميم لهذه العضوية.

وهناك جينات منظّمة أخرى ستمنح الحيوان ظهرًا وبطنًا، وأن يكون مقطعًا على حلقات مثل بطن ذبابة الخل هذه أو مثل صدرها. وهذا موجود طبعًا لدى كل الأنواع التى تملك صفات مشابهة. ولقد عثرت مجموعة أميركية على متواليات الجينات المنظّمة تقريبًا ذاتها، المسئولة عن الأمام - الخلف والتقطيع لدى جنين الفأر، وإن كان الأمام والخلف أصعب تعريفًا عنده. ويعنى ذلك أن هناك سَلَفًا مشتركًا لديه التنظيم أمام - خلف ومقطّع موجود بين ذبابة الخل ومجموعة الفقاريات وصولاً إلى الإنسان. فنحن البشر لدينا جسم منظم من الأمام نحو الخلف، ومن الأعلى للأسفل، ومؤلف من قطع مثل ذبابة الخل، إلاّ أن قطعنا هى فى الداخل عوضًا عن أن تكون فى الخارج: وهذه هى فقراتنا. والجينات المنّظمة هى التى تؤدى إلى أن المخطط الأساسى للعضويات هو ذاته عند الفقاريات وعند

اللافقاريات. ويعنى ذلك أن هناك قرابة تكاد لا تصدق بين كل الكائنات الحية.

ويمكن العثور على هذه القرابة على مستوى الصبغيات. وأن مقارنة هذه الصبغيات، التى تعتبر الحوامل للمادة الوراثية، لدى الإنسان والشمبانزى تظهر العدد ذاته وتشابهًا فى حلقاتها القابلة للتلوين. فقط الصبغى الكبير ٢ البشرى لا يوجد مكافئ له لدى الشمبانزى. وهذا الأخير يملك صبغيين صغيرين لا يوجد مكافئ لهما عند الإنسان، إلاّ إذا تم لصقهم ببعضهم فيشكلون عندها صبغى ٢ إنسانى كامل. ومن الواضح أنه، إمّا أن جدًّا مشتركًا للإنسان والشمبانزى كان لديه بنية الشمبانزى وأن هذين الصبغيين اتحدا فيما بعد، أو على العكس من ذلك كان هناك صبغى من النموذج البشرى انقسم لاحقًا. وتثبت المقارنة مع الأنواع الأخرى أن الجد المشترك كان مالكًا لبنية الشمبانزى ذاتها، وأنه فقط فى السلالة البشرية تم الانصهار لإعطاء هذا الصبغى الجديد ٢.

ومن الممكن أن حدثًا كهذا لم يحصل مرة واحدة. وأنه كان يجب الانطلاق من مجموعة صغيرة سنحت فيها الفرصة لهذا الأمر غير الطبيعى أن يحصل. ويعنى ذلك أنه فى بعض الأحيان، كلما حصلت أمور مشابهة، انطلق أجدادنا من مجموعات سكانية ذات أعداد قليلة جدا، لكنها كانت قادرة على "تثبيت" مثل هذه الطفرات النادرة. وقطعًا لم يكن أصل الأنواع دائمًا كما تخيله شارلز داروين أو جان لامارك: مجموعات سكانية كبيرة أم تنقسم إلى مجموعتين أو ثلاث مجموعات كبيرة بنات، تختلف لاحقًا عن بعضها أكثر وأكثر. وهذه الحالة الأخيرة هى حالة الأنواع المسماة "التوأم". وهذا موجود من وقت لآخر لكن لا يشكل القاعدة. والحالة الأكثر شيوعًا هى من كل بد التبرعم، حيث انطلاقًا من نوع - أم لمجموعة سكانية صغيرة، ستنشأ ضمنها اختلافات فى البنى الصبغية، ستؤدى فى النهاية إلى العقم المتبادل بين النوع القديم والنوع الجديد. وكمثال على ذلك فقد تم إثبات أنه انطلاقًا من جد مشترك كان يعيش قبل ٤ إلى ٧ مليون سنة، ووصولاً إلى الإنسان من جهة وللشمبانزى من جهة أخرى، حدثت على الأقل تسع حالات حيث اضطررنا

للانطلاق من جديد اعتبارًا من عدد محدود وقليل من الأفراد، لكن حامل لطفرة صبغية جديدة مهمة، وتم تكاثر أفراد هذه المجموعات الصغيرة فيما بينهم.

تم وصف تاريخ صبغيات مجموعة الأولويات primates من قبل برنار دوتريليو Bernard Dutrillaux من الـ CNRS (المركز الوطني للبحوث العلمية). إن القرود طويلة الذيل cercopithèques في إفريقيا الاستوائية لا تبدى دائمًا فصلاً واضحًا بين أنواعها كل اثنين معًا، لكنها تستطيع أن تتزاوج أحيانًا بين أنواع أو ما قبل أنواع خصبة فيما بينها، مشكلة نوعًا من "البطاطا الآخذة بالتطور" ذات حدود داخلية مبهمة وجذورها تمثل الأنواع الصادرة عنها. وفى غابات إفريقيا الاستوائية مثلاً، هناك حوالى ٢٠ نوعًا من هذه القرود طويلة الذيل الصغيرة، متكيّفة مع أوساط مختلفة عن بعضها قليلاً، ويشكل أفرادها مبدئيًا مجموعات سكانية تتكاثر فيما بينها. لكن تحصل حوادث من نوعين: أولاً، يمكن أن لا يكون لدى كل أفراد نوع واحد الصيغة الصبغية ذاتها؛ وثانيًا، يمكن لأفراد من نوعين مختلفين أن يتزاوجا ويعطيا هجائن خصبة. وفى الحالتين من الواضح أن هذه الأنواع حديثة ولم تنفصل عن بعضها بشكل واضح. لذا نجد أنه من الضرورى أن نقبل أن أسلاف لأنواع مختلفة استطاعوا أن يتبادلوا من حين لآخر أحد الصبغيات وبعض الجينات خلال بعض الوقت بعد بدء انفصالهم عن بعض. مما يعنى أن هذا الانفصال لم يحدث بالتضاعف، أى انفصال إلى سلالتين متماثلتين بالنسبة لكل الصبغيات وكل الجينات. ومع مثل هذه التبادلات الوراثية بعد بداية تشكل الأنواع، يمكن أن يكون لصبغيين أو جينين قصتان سلاليتان مختلفتان وذلك ضمن مجموعة واحدة من أنواع متقاربة.

وحصل الأمر ذاته بالنسبة للسلالة البشرية. فمن أجل عدد محدد من الصبغيات نجد أنها فى الإنسان والشمبانزى والغوريلا متشابهة تمامًا. وبالنسبة لصبغيات أخرى، الأكثر عددًا، فإن الإنسان والشمبانزى متشابهان، والغوريلا مختلفة. ومن أجل البعض الآخر، فإن الشمبانزى والغوريلا متشابهان، والإنسان

مختلف. وأخيرًا يوجد هناك صبغي صغير جدا هو الصبغي رقم ١٥ يتشابه فيه الإنسان والغوريلا لكن يختلف فيه الشمبانزي. واعتمادًا على الصبغي ١٥، يمكن أن نتصور أن هناك جدًّا مشتركًا للإنسان والغوريلا، وأنه قبل ذلك كان هناك جدّ مشترك مع الشمبانزي. لكن إذا أخذتم الصبغي ٢ مثلاً فإنكم ستجدون أولاً الإنسان والشمبانزي، ثم يلتحق بهم الغوريلا لاحقًا. هاتان القصتان لا تتوافقان مع بعضهما. وهذا يعني أن الفصل بين الأنواع لم يحصل دائمًا بين اثنين أو بين ثلاثة كما كان يعتقد سابقًا. وخلال بعض الوقت، وهذا يعقّد كثيرًا بعض دراسات الوراثة بين الأنواع، فإن أسلاف أنواع متعددة كانت خصبة فيما بينها، والفصل بين الأجناس لم يكن قاطعًا، وإن كان البعض ما زال يعتقد ذلك.

لوسي Lucy هي قرد جنوبي (australopithèque) من عفار Afar، وتم إعادة تركيبها، ويمكن رؤيتها كقزم صغير وجميل في متحف التاريخ الطبيعي في جنيف. وبالمقابل تم أيضا إعادة تركيبها لكن على شكل شمبانزي يمشي منتصبًا في متحف الإنسان في سان دييغو، بكاليفورنيا! طبعًا ليس لدينا معلومات حول درجة شعرانيتها، لكن سواء أكانت مشعّرة أم غير مشعّرة، فالمهم أنها كانت تمشي منتصبة عندما كانت على الأرض. أي من وجهة النظر التشريحية كانت أقرب للشمبانزي منها للإنسان وكانت دون شك تقضي نصف وقتها على الأشجار.

من هم الأسلاف الأوائل المشتركين للإنسان والشمبانزي؟ هؤلاء الأسلاف المشتركين مثبتين من قبل العلوم الحيوية الجزيئية، والعلوم الحيوية الخلوية، ونظرية التطور، والتشريح المقارن، وسبقونا بحوالي ٤-٧ مليون سنة. والجميع يرغب أن يكون بعض الـ australopithèques، أولاد عمومتنا الوحيدين المعروفين من ذلك الزمن، هم أسلاف الإنسان، لكن في الوقت ذاته لا يرغب أحد في أن يكونوا أسلاف الشمبانزي. والنتيجة أنه خلال ٣٠ سنة من علوم الإحاثة المخيبة للآمال، تم العثور على كميات من الأجداد المحتملين للإنسان دون العثور على جد واحد لهذا الشمبانزي! ومع ذلك لا بد أن هذا الشمبانزي كان لديه جد!

القضية أن الـ australopithèques بمشيتهم المنتصبة والعمودية يشبهون الإنسان أكثر، وإن كانوا بجمجمتهم وباقى جسمهم يشبهون الشمبانزى أكثر، المسألة الكبيرة لم تكن فى الأنسنة وهذا شىء سهل: اختراع الإنسان اعتبارًا من لوسى التى تمشى منتصبة شىء ممكن للجميع! لكن اختراع الشمبانزى اعتبارًا من ابن عم لوسى يبدو شيئًا أكثر صعوبة. وهذا موضوع للتفكير لأن الشمبانزى كان لديه جدود، ولأننا من هذه الأزمنة الغابرة نحن لا نعرف غير الاسترالوبيتيك.

وعُثر على "الانسان الماهر" Homo habilis (من ٣ إلى ١،٨ مليون سنة) متشاركًا مع أدوات منذ ٢,٥ مليون سنة. ثم مع بقايا تقصيب حيوانات جماعية وآثار لمساكن محتملة. وأدواته المصنوعة من الحجر المنحوت تصفه بالإنسانية، لأن الشمبانزى، وإن كان يستعمل أدوات أو حتى يصنع بعضها، فهى غالبًا من الخشب. وبعد ذلك الزمن بقليل، أى بين ١،٨ إلى ١،٦ مليون سنة، ظهر الإنسان الملقب بالمنتصب Homo dit erectus، وآخرون نعتوا بأوصاف اعتباطية. ومنذ ذلك الحين كان الإنسان الماهر منتصبًا، ولم يكن يعيش نصف عمره على الأشجار، كما كانت حال لوسى وأمثالها. والإنسان المنتصب كان إنسانًا بوضوح ويشترك بأدوات أكثر تعقيدًا. وهناك ميزة جديدة، فهو أحيانًا طويل القامة: والهيكل العظمى الذى عثر عليه على شاطىء بحيرة توركانا Turkana كان لشاب طويل القامة. ولو استطاع إكمال نموه – لأنه مات قبل ذلك – لوصل طوله إلى ١،٨٥ أو ١،٩٥م،أو ربما أكثر. مما يدحض الأسطورة القائلة أن "الرجل المنتصب" لم يتجاوز طوله ١،٧٠م. سيقوم هؤلاء "الرجال المنتصبون" بغزو العالم مرة أولى. وسنجدهم فى جنوب شرق آسيا، وفى الصين، وأولاد عمومتهم فى أوروبا. وبعضهم بقى فى إفريقيا منذ ١،٦ مليون سنة، ولكن حتى حوالى ٥٠٠٠٠٠ سنة قبلنا، كانوا موجودين تقريبًا فى كل مكان. قد يكون بعضهم قد استمر فترة أطول، لكن اعتبارًا من ٥٠٠٠٠٠، بدأنا نشاهد مستحاثات غريبة، انتقالية بينهم وبيننا. وإذا كنا عاجزين عن تقديم محاضرات مطولة عن ما حصل خلال هذه الفترة الانتقالية، فالسبب يعود إلى أننا لا نملك معلومات كافية عنها، فالمستحاثات لتلك الحقبة نادرة،

ولأسباب تقنية لا يمكن تأريخها بشكل جيد.

ومنذ حوالى ١٠٠٠٠٠ سنة، كان يوجد إنسان حديث، له الهيكل العظمى ذاته الذى لدينا، فى فلسطين وربما فى إثيوبيا وشمال إفريقيا. ولا يقتصر الشبه فقط على الناحية التشريحية، فهم يدفنون أيضا موتاهم فى القبور، والجثث موضوعة باتجاه محدد. كما نجد فى المدافن غبار طلع الزهور وتقدمات للمتوفين، أى أن هناك طقوسًا دينية. ولكن ما هو مميز، هو أننا من جديد، لا نجد الكثير من هذا النموذج حتى حوالى ١٢٠٠٠ سنة قبلنا، أى حتى اختراع الزراعة، التى ظهرت فى مناطق مختلفة من القارات الخمس بين ١٥٠٠٠ و ٦٠٠٠ أو ٧٠٠٠ سنة. والمستحاثات التابعة للإنسان الحديث، التى كانت نادرة حتى حينه، تصبح متواترة. وذلك منذ أن غير الإنسان نمط حياته بفضل إنتاج الغذاء المرتبط بالزراعة.

جرت إذن ثورة سكانية كبيرة ما قبل التاريخ لأنه خلال تسعة أعشار من الـ ١٠٠٠٠٠ سنة، أى خلال ألف قرن كان البشر الحديثون قليلى العدد (تاريخ قصير جدا). وكانوا يمثلون نوعًا نادرًا مثل كل الأوليات الكبيرة الأخرى. وكان يعد الشمبانزى، والغوريلا، والأورانغ أوتانغ، والبونوبو، على الأكثر بعض المئات من الآلاف، موزعين على كامل القارة التى كانت تستضيفهم. والبشر، كانوا لفترة طويلة، لا يتجاوزون عشرات الآلاف أو حتى على الأكثر بضع مئات الآلاف ومعظمهم بقى دون ذرية. ثم اخترعوا الزراعة، وأنتجوا الغذاء فى حدائقهم وحقولهم، بالإضافة إلى تربية الحيوان. وبالتالى استطاعوا أن يصبحوا أكثر بـ ٢٠، ٣٠ أو ٤٠ ضعفًا أكثر عددًا على الأراضى نفسها. وكان ذلك بداية تغيير كبير.

وتم قياس التنوعات فى منظومة الزمر الدموية ريزوس Rhésus عبر العالم. يوجد فى هذا الجهاز الوراثى، أربع جينات رئيسية R_2, R_1, R_0 التى تعطى الريزوس الإيجابى، و "r" الذى بوجوده مضاعفًا يعطى صفة الريزوس السلبى. والتصنيف المعلوماتى لحوالى ٢٠ مجموعة سكانية عبر العالم، قاد إلى النتائج التالية: بدايةً الجينات الموجودة هى ذاتها فى كل مكان، لكن تواترها يختلف كثيرًا

من مجموعة سكانية إلى أخرى، خاصة إذا عاشت فى مناطق بعيدة الواحدة عن الأخرى. والملاحظة الثانية هى أن هذه المجموعات السكانية مرتبطة ببعضها على شكل سلسلة أحد طرفيها سكان جنوب وغرب إفريقيا، ثم شرق إفريقيا، ثم شمال إفريقيا، ثم العالم الهندى – الأوروبى، وصولاً إلى الطرف الآخر مع آسيا الشرقية، أستراليا، أميركا وبولينيزيا. واستطاع الحاسوب أن يعثر على الترتيب الجغرافى للتسلسل السكانى فى العالم القديم، واستطالاته الأميركية والاسترالية. يوجد إذن نوع من المنطق الجغرافى فى تنوع التواترات الوراثية لجهاز ريزوس عبر العالم. ومن جهة أخرى فإن هذا الترتيب لا علاقة عملية له مع المظهر الفيزيائى للسكان: فهناك بشر ذات نسب جسدية ولون جلد مختلف جدا بعضهم عن بعض، ومع ذلك يكونون قريبين من بعض وراثيًا، والعكس صحيح أيضا.

وأجرى ريشارد ليفونتين Richard Lewontin، وهو عالم وراثة شهير من أميركا الشمالية، منذ أكثر من ثلاثين سنة، دراسة عن الأنزيمات البشرية التى تختلف جزيئاتها غالبًا من فرد لآخر. وتساءل: ما نسب التنوع فى الأنزيمات التى تعود للتغيرات بين الأفراد ضمن مجموعة سكانية واحدة؟ وما هى التى سببها التغييرات بين سكان القارة ذاتها؟ وما هى التى سببها الاختلاف بين القارات؟ أى إلى "الأعراق" الجغرافية. والنتيجة التى حصل عليها أظهرت أن التغييرات ضمن المجموعات السكانية تمثل حوالى ٨٦% من التغييرات الكلية، والباقى يمثل حوالى ٦ – ٨% فقط. وبالتالى كانت الاختلافات بين الأفراد أكبر بكثير من الاختلافات المنهجية بين المجموعات السكانية على القارة ذاتها أو من قارات مختلفة. وكان الأمر ذاته أيضا بالنسبة لمعظم الصفات الوراثية الأخرى: إذ كانت هناك تغييرات كبيرة ضمن المجموعة السكانية مع بعض الاختلافات المنهجية. لكن القليل جدا من التغييرات بين الشعوب من أصول مختلفة.

ومن أجل زراعة الأعضاء، نجد صعوبة بالغة فى العثور على معطى مناسب عن طريق الصدفة، بحيث يكون موافقًا للآخذ. ولا نجده بالضرورة ضمن المجموعة السكانية للآخذ إذا لم يكن هناك أخ أو أخت مناسبين. ومن أجل ذلك،

فإن منظمات زراعة الأعضاء العالمية تضطر إلى الذهاب إلى الطرف الآخر من العالم بحثًا عن قلب أو كلية مناسبين، وذلك فى مجموعة سكانية لا علاقة لها مع الآخذ لا فيزيائيًا ولا ثقافيًا ولا تاريخيًا. إن تصنيف المجموعات السكانية تبعًا لتحولات منظومة HLA التى تحدد شرط نقل الأعضاء، تتعلق بتوزعها الجغرافى أيضا، وحتى بشكل القارات، فى بعض الأحيان. ولا يوجد إلاّ عامل واحد يمكن أن يفسر هذا التنوع: ألا وهو الهجرات. عندما نجرى الاختبار الإحصائى لتوزع تواترات الجينات بالنسبة لـ ٨٠% من المنظومات الوراثية المعروفة، وذلك اعتمادًا على البعد الجغرافى بين أمكنة الإقامة الأصلية الذى أتت منه هذه المجموعات السكانية، فإننا نجد أن هذا التوزع الجغرافى يفسّر بين نصف وثلاثة أرباع التحولات فى تواترات الجينات.

ويؤكد كل ذلك بوضوح التشابه فى المحتوى الجينى عبر المجموعات السكانية، وتحول تواتراتها نتيجة إمكانات التبادل المباشر وغير المباشر بين المهاجرين. وعندما تم اختراع الزراعة فى العصر الحجرى الحديث، ازداد عدد البشر على كل القارات، واستطاعوا إنشاء شبكات هجرة واسعة. كما تبادلوا عددًا كافيًا من الأزواج من حولهم أو من المهاجرين فى المناطق الأبعد بحيث توزعت مجموع الجينات الحالية على شكل أغطية متواصلة على سطح كوكبنا. وبالتالى لا يوجد انقطاع وراثى جدير بالذكر، ولا يوجد حدود بيولوجية بين المجموعات السكانية أو "الأعراق" البشرية.

وتمثل شجرة رسمتها استيلا بولونى Estella Poloni الاختلافات الوراثية الملاحظة بين المجموعات السكانية التى تمت دراستها بالنسبة لـ ٨٠ منظومة وراثية، موزعة على حوالى عشرين صبغيًا إنسانيًا مختلفًا. وكانت النتيجة تطابقًا شبه كامل بين أمكنة إقامة هذه المجموعات السكانية وخارطة التشابهات الوراثية، عدا استثناء وحيد مثّله الأوروبيون. لأنهم أتوا قريبًا من الشرق الأوسط، وليس من أوروبا حيث يعيشون. وبالتالى يجب التفكير فى التنوع الوراثى، ليس بمصطلحات المجموعات السكانية التى تفصلها الحواجز، لكن بمفهوم شبكات الهجرة. ومن

الواضح تمامًا أنه ضمن شبكة من الهجرات، لا يتشابه الجميع. وحتى ضمن مجموعة سكانية واحدة، فهناك اختلاف بين الجميع، بما أنه يوجد عدم توافق بالنسبة لزراعة الأعضاء، وغالبًا هناك عدم توافق بالنسبة لنقل الدم، بينما الزمر الدموية هى واحدة فى العالم وبما أن كل فرد يمكن التعرّف عليه بواسطة شكله وبصمات أصابعه أو مورثاته.

منذ حوالى ٨٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ سنة على الأقل، نشأت شبكة وراثية عبر العالم، من قريب إلى أقرب. وبعض أجزاء هذه الشبكة متقاربة جدا مثل المنطقة المركزية حول المتوسط، وشرق إفريقيا وشبه الجزيرة الهندية. وهناك أجزاء أخرى تبدو أكثر تفككًا فى أميركا وأستراليا وشمال آسيا وغرب وجنوب إفريقيا، وتتوافق مع مستعمرات أقل كثافة و/أو أحدث زمنًا. وتوجد تقريبًا كل أشكال تحولات الجينات فى العالم الهندى - الأوروبى، وشمال إفريقيا، وشرق إفريقيا، وفى العالم الهندى. وعلى العكس من ذلك، فإنه فى محيط هذه الشبكة، سواء أكان ذلك فى إفريقيا الغربية أو الجنوبية، أو فى شرق آسيا، أميركا أو أستراليا، فإن المجموعات السكانية تملك الجينات الأكثر تواترًا الموجودة فى النواة المركزية، بتواترات غالبًا مختلفة، لكنها فقدت بعض أشكال التحولات النادرة. وهذه الأشكال المتحولة النادرة المفقودة ليست ذاتها فى إفريقيا، أستراليا، شرق آسيا وأميركا. وأخيرًا فإن بعض أشكال التحولات النادرة جدا موجودة فقط فى إفريقيا أو أستراليا أو آسيا أو أميركا، وتتوافق مع طفرات حديثة.

وخلال ١٠٠٠٠٠ سنة منذ أوائل البشر الحديثين المعروفين، لم يتسن للمجموعات السكانية أن تراكم جينات جديدة بتواترات عالية. وعلى العكس من ذلك، فإنه خلال المرحلة التى كان فيها عدد البشر قليلاً، فإنه توفر لهم الوقت لكى يفقدوا هنا وهناك بعض الأشكال المتحولة، وذلك عندما انطلق المهاجرون الأوائل لإعادة استعمار إفريقيا، شرق آسيا، أستراليا أو أميركا، وذلك بعد زمن طويل من إقامة "الإنسان المنتصب"*. ولا يوجد شك مطلقًا أن مجموع البشر الحديثين الحاليين ينحدرون من الأرومة ذاتها، قليلة العدد من "الإنسان المنتصب". وفيما بعد انتشروا

وأعادوا استعمار كامل الكوكب. فوصلوا إلى جنوب الصين قبل ٦٤ ألف سنة، وإلى أستراليا وغينيا الجديدة قبل ٥٠ ألف سنة، وإلى الدوردون فى فرنسا قبل ٤٠ ألف سنة. ثم قاموا بإعادة استعمار إفريقيا اعتبارًا من المناطق الشمالية والشرقية، ثم من كل بد بعد محاولة عبور فاشلة قبل ٤٠ ألف سنة، استطاعوا استعمار أميركا. أما بالنسبة لبولينزيا فقد تم احتلالها فى زمن لاحق. ويعتبر هذا التاريخ معروف بشكل جيد نسبيًا، وجرت هذه الأحداث عندما كان أسلافنا صيادين وملتقطين للثمار، وقليلى العدد. ومن كل بد فإن هؤلاء الصيادين ملتقطي الثمار وقليلى العدد هم الذين فقدوا عددًا من التحولات الوراثية الموجودة فى النواة المركزية أثناء هجرتهم إلى الأراضى الجديدة. ويتوافق سكان هذه النواة المركزية مع الأفراد الذين انحدروا مباشرة من المجموعة السكانية الأصلية. وبعض الصفات الفيزيائية موزعة حسب الانتشار الجغرافى الأولى للسكان، مثل ألوان الجلد، والطول، والمقاسات الجسدية. وواقع الحال، إن أجسام سكان المناطق الباردة، قصيرة ومكتظة، فى غرونلاند والهيملايا وجبال الأنديز. بينما هى طويلة ونحيفة فى الصحارى الحارة. والمقاسات الوسيطة موجودة فى السهول المعتدلة، أو فى السهول المعشبة الاستوائية.

وتمت دراسة ألوان الجلد الوسطية عند الابوريجين فى أستراليا (السكان الأوائل)، وكذلك فى أوروبا ومناطق أخرى. والشعوب ذات الجلد الداكن أصلها دون خلاف من المناطق الاستوائية، أما فى المناطق المعتدلة الباردة الشمالية أو الجنوبية، فإن لون الجلد أقل دكنة. وتم اقتراح تفسيرات تتعلق بالاصطفاء الطبيعي. إذ يبدو أن الجلد الفاتح فى المناطق الاستوائية أكثر عرضة لتشكيل الميلانوما، هذا السرطان الجلدى القاتل. أما الشعوب ذات الجلد الداكن فهى أقل عرضة للإصابة، نظرًا لوجود الميلانين الذى يقى نوى خلايا الجلد من الأشعة فوق البنفسجية القوية. وتمت ملاحظة ذلك، مثلاً، بمقارنة الأبوريجن الأصليين فى أستراليا والبحارة الشراعيين من أصل أوروبى، فإن الأخيرين عرضة للميلانوما أكثر بكثير من الأبوريجن aborigènes. والشيء ذاته بالنسبة للصينيين الذين يعيشون فى

كاليفورنيا، الذين يصابون أربعة أضعاف الصينيين الذين ما زالوا فى الصين. لأنه وإن كان خط العرض واحدًا إلاّ أنهم فى الصين لا يعرضون أنفسهم للشمس. ومن جهة أخرى فإنه بالنسبة للشعوب التى هاجرت إلى المناطق المعتدلة والباردة، فإنه يبدو أن قابلية التركيب الحيوى للفيتامين D هى التى حددت ألوان جلدهم الوسطية. ففى المناطق المشمسة قليلاً، وفى شروط ما قبل التاريخ، فإن التركيب الحيوى للفيتامين D، كان يتم بشكل أساسى عبر الجلد تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية. وبما أن هذه الأشعة فى المناطق الباردة قليلة، فإن حجبها بوجود كمية كبيرة من الميلانين فى الجلد، سيؤدى إلى الإصابة بالخرع نتيجة النقص فى الفيتامين D. وسيكون ذلك أقل حدوثًا لذوى الجلد الفاتح. وهذا من كل بد ما جرى فى عصور ما قبل التاريخ ويفسر توزع ألوان الجلد بين الشعوب.

وهناك حجج تقدم بالنسبة لأميركا الهندية حيث، وإن كان الاستعمار البشرى حديثًا، فإننا نلاحظ توزع الأصبغة الجلدية حسب خطوط العرض الجغرافية. مما يدعو للتفكير بأن هذه التغيرات اللونية يمكن أن تحدث بشكل سريع نسبيًا. كذلك هى الحال بالنسبة لشعوب تملك الميراث الجينى ذاته تقريبًا، مما يدل على أصل مشترك يعود على الأكثر لـ ٢٠ أو ٣٠ ألف سنة على الأكثر (مثلاً بين الميلانيزيين والبولينزيين وبعض سكان جنوب شرق آسيا) فإن لهم ألوان جلد مختلفة تمامًا، وشعر مختلف تمامًا، وأطوال قامة مختلفة تمامًا.

إن شعوب وسط إفريقيا متوسطى الطول أو قصار، وشعرهم أجعد، وجلدهم قاتم جدا مثل بعض البابو أو الميلانيزيين. لكن إذا تفحصنا الميراث الجينى فهو مختلف جدا بين هذه الشعوب المتشابهة ظاهريًا.

ويملك البابو والميلانيزيين تواترات جينية مثل التى للشرقيين، وهى أقرب للصينيين والفيتناميين أو البولينزيين منها للإفريقيين. وبالتالى، فإنه من الواضح جدا أن التشابه هو ثمرة الوسط البيئى، بينما القرابة الجينية هى ثمرة التاريخ والجغرافيا. فرغم اختلافاتهم الفيزيائية، فإن الميلانيزيين والبولينزيين والفيتناميين هم أقرب الأقرباء، منهم عن البانتو والبابو وإن كانوا يشبهونهم فيزيائيًا أكثر.

إن تحليل متتاليات الدنا فى المقتدرات (المصورات الحيوية - الميتوكوندريا) mitochondrial لدى ١١٩ من سكان السنغال من قبل لـوران غـرافن Laurent Graven ولوران اكسكوفييه Laurent Excoffier تظهر اختلافات عديدة. إذ يوجد بعض الأحرف من الشيفرة الوراثية مختلفة بين كل زوج من الأفراد المدروسـين تقريبًا. وفى سان دييغو درس باسكال غـانيو Pascal Gagneux تنـوع مجمـوع نوعنا البشرى، مقارنًا متوالية من الدنا لدى ٨١١ إنسانًا حديثًا. كمـا درس أيـضا عددًا من الشمبانزى، وحوالى عشرين من الغوريلا، وعددًا من قـرود البونوبـو. وفى مجموعة واحدة من الشمبانزى، فإننا نجد أفرادًا جيناتهم مفصولة منـذ مئـات الآلاف من السنين. والشيء نفسه لدى الغوريلا والأورانغ أوتانغ.

أما عند البشر، وعلى العكس من ذلك، فإننا نجد متتاليات مختلفة عنهم، لكـن مع ذلك تختلف عن بعضها البعض بشكل طفيف. مما يثبت أن الجد المـشترك لكـل هذه المتواليات هو أقرب منا زمنيًا. وأجريت حسابات على عدد كبير من متتاليـات الدنا، النووى هذه المرة، من قبل اليابانى تاكاهاتـا. وأظهـرت أن نمـوذج التنـوع الملاحظ على مستوى الدنا البشرى لا يمكن تفسيره منطقيًا إلاَّ إذا كان عدد أجـدادنا على الأقل منذ أن وُجد البشر حوالى ٥٠٠٠ ولود. وبواسطة طرق للتقليـد معقـدة جدا، فإننا نجد فى التغييرات الجزيئية الإنسانية، آثار توسع حصل قبلنا بين ٦٠٠٠٠ و ٨٠٠٠٠ سنة. وذلك تمامًا قبل إعادة استعمار الكوكب من قبل الإنسان الحديث.

لقد هاجر الإنسان الحديث انطلاقًا من مجموعة سكانية مؤسسة، ومالكة لعدد كبير من الجينات المختلفة. ثم، بذهابه إلى نهاية العالم، من هذه الجهة أو من الجهة الأخرى، فإن هذه المجموعة المتولدة أو تلك، فقدت بعض تنوعات هذه الجينـات، خاصة الأشكال النادرة منها. لكن لماذا بواسـطة هـذه الآليـة لا نحـصل علـى مجموعتين سكانيتين تملكان جينات مختلفة تمامًا بالنسبة لمنظومة وراثية واحـدة؟ يوجد تفسيران لذلك: الأول، هو أنه قليلاً ما حصل انفصال مديد بـين مجموعـات سكانية بشرية حديثة. والثانى، إنه إذا حصل انفصال فى الحقبة الحجرية القديمـة، فإن الهجرات اللاحقة على الأقل اعتبارًا من الحجرى الحديث، قد عاوضـت ذلـك

الانقطاع، وذلك بإعادة توزيع الجينات كلها بين المجموعات السكانية الجديدة، الأكثر عددًا وعبر القارات.

وأخيرًا، فإن ما قبل التاريخ قدّم تحولات فى المناخات. قبل ١٨٠٠٠ سنة، ونظرًا لتكون الجليد، فإن منسوب مياه البحار كان أخفض بـ ١٢٠ مترًا، وكان يمكن العبور مشيًا على الأقدام إلى بورنيو أو حتى تيمور؛ ويبقى بذلك ٩٠ كم فقط من البحر يجب عبورها للوصول إلى غينيا الجديدة، التى كانت فى حينه متصلة باستراليا. هناك بشر فعلوا ذلك قبل ٥٠٠٠٠ سنة، وطبعًا استطاع آخرون تكراره بكل سهولة قبل ١٨٠٠٠ سنة بعد أن تعلموا الإبحار. وفى المرحلة ذاتها، كانت الصحراء أوسع بكثير مما هى عليه الآن. وكانت تصل حتى الساحل، فى ساحل العاج. وهناك بشر حُصروا فى إفريقيا الوسطى فى هذه المرحلة، فى ظروف مناخية خاصة جدا، ومختلفة عن باقى العالم، ولا بد معزولة جدا. ولعل هذا هو منشأ التمايز الفيزيائى لقسم كبير من الأفارقة ولبعض الغرابة فى تواترات الجينات جنوب الصحراء. وكان من غير الممكن فى تلك الحقبة العيش فى شمال أوروبا أو أميركا الشمالية، نظرًا لامتداد الأراضى الجليدية القطبية، وللظروف المناخية القاسية. واضطر البشر للتحرك. واضطر الصيادون ما قبل التاريخ أن يتحركوا، بما أن الحيوانات والنباتات التى كانوا يقتاتون منها قد تحركت أيضا، وذلك أحيانًا حتى ٢٠٠٠ أو ٣٠٠٠ أو ٤٠٠٠ كم على خطوط العرض. وبالتالى ما كان باستطاعة أجدادنا الصيادين وملتقطى الثمار أن يتطوروا لو بقوا فى المكان ذاته، كما يعتقد أصحاب النظريات المسماة "المناطق المتعددة" بالنسبة لتاريخ السكان، والمناصرين لفكرة تباعد قديم بين الأعراق البشرية، مما يدحضه علم الوراثة الآن، دون أدنى شك. وتظهر الدراسات الوراثية الآن مناطق دائرية لتواتر الجينات حول مراكز انتشار الزراعة، وذلك على كل القارات، مما يؤكد نظرية إعادة الإعمار، على الأقل الجزئى، وذلك منذ اختراع الزراعة و/أو الهجرات المستمرة عبر القارات.

لقد تم تصنيف العائلات الكبيرة للغات الإفريقية من قبل جوزيف غرينبرغ Joseph Greenberg منذ حوالى ٣٠ سنة، وهناك ٤ عائلات لغوية كبيرة فى إفريقيا: فهناك العائلة المسماة الإفريقية - الآسيوية، التى تضم لغات شمال إفريقيا، وجزء من الصحراء وشرق إفريقيا، وكذلك اللغات المحلية فى شبه الجزيرة العربية والشرق الأوسط. أما مجموعة النيجر - الكونغو فتضم لغات غرب إفريقيا والبانتو. وتضم عائلة الخويسان khoisan اللغات المتمطقة (á clicks) المحلية فى جنوب إفريقيا ومجموعتين سكانيتين فى تنزانيا. وأخيرًا هناك مجموعة خاصة هى النيل - الصحراء، ويعتقد أنها تتوافق مع المنحدرين مباشرة من سكان الصحراء القدماء، خلال المرحلة الخصبة، منذ عشرات الآلاف من السنين. وتفصل الدراسة الوراثية لهذه المجموعات السكانية، وبطريقة باهرة، هذه المجموعات اللغوية: فإن مجموعات النيجر - كونغو، الخويسان، شرق إفريقيا والإفريقيين - الآسيويين تتباعد بالتوازى بين اللغات التى يتكلمونها وتواتراتهم الجينية.

يعطى كل من علم الوراثة واللغات التصنيفات ذاتها لهذه المجموعات السكانية. لكن، اللغة المحلية لا علاقة لها بالدنا، والدنا الذى نحمله لا علاقة له طبعًا باللغة التى نتكلمها! وإذا كان هناك كما تظهر الملاحظات ترابطًا قويًا بين هاتين الظاهرتين، والتى ليست الواحدة سببًا للأخرى، فلا بد من وجود "منسق" مشترك بينهما: وهو تاريخ استعمار إفريقيا الأخير. لقد انطلق إعادة إعمار إفريقيا من إفريقيا الشرقية أو من شرق الصحراء خلال مرحلة خصبة قديمة. ومن هنا كان لدينا كل التنوع الجينى البدئى. ثم حصلت هجرة أولى، ولا نعرف تمامًا متى، حملت معها أجداد الخويسان عبر تنزانيا إلى جنوب إفريقيا. ووزعت هجرات أخرى لاحقًا، مجموعة النيل - الصحراء خلال آخر مرحلة خصبة للصحراء. وأخيرًا فإن مجموعة النيجر - الكونغو نشأت من الانكفاء باتجاه الغابة الغينية، أو نحو نيجيريا والكامرون، من قبل مجموعات فرّت من المنطقة الصحراوية، التى كانت تتعرض لتصحّر جديد. وبقية القصة معروفة جيدًا، فإنها تتعلق بظهور التعدين والهجرات خاصة بالنسبة للبانتو. يمكننا إذن توحيد معلومات الوراثة، والألسنيات، والآثار لنفهم بشكل أفضل تاريخنا القديم.

عن الرجل (والمرأة) ما قبل التاريخ[٦]

بقلم: كلودين كوهين

Claudine COHEN

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

فى عام ١٨٣٣، نشر عالم الأجناس البشرية الفرنسى غابرييل دى مورتييه Gabriel de Mortillet كتاب "ما قبل التاريخ": وهو مجموع العلوم المجمّعة خلال عصره حول حقبة ما قبل التاريخ. وكان هذا علمًا جديدًا جدا: إذ فقط قبل عقدين من الزمن أظهر بوشيه دى برتس Boucher de Perthes أمام أعين معاصريه المشككين ثم المنبهرين برهان أقدمية الإنسان، وأثبت أن كائنات بشرية عاشت سويًا فى أزمنة لم تحفظ أى كتابة ذكراها، مع حيوانات منقرضة الآن: الماموث، دب الكهوف، وحيد القرن الصوفى، واستطاع أن يبقى على قيد الحياة رغم البرد الجليدى فى أعماق الكهوف، ومسلحًا بهراوات بسيطة من الصوّان المنحوت.

وعمل Mortillet فى سبيل منح هذا العلم المبتدئ مزيدًا من الصرامة. فصنّف حسب ترتيب نموذجى ومتطور الحضارات الإنسانية لهذا الرجل، الذى لم يعد يدعى "من زمن ما قبل الطوفان". وفى عام ١٨٦٥، نحت John Lubbock تعابير: "الحجرى القديم" للدلالة على حضارات الحجر المنحوت، القديمة أى حضارة الصيادين-الملتقطين، والحجرى الجديد للحضارات الأحدث، للحجر المصقول والفخار، الوصفى للأزمنة الأولى من الاستقرار والزراعة وتربية الحيوان.

وكانت دراسة Mortillet عن إنسان ما قبل التاريخ، قد نهلت من أبحاث

(٦) نص المحاضرة رقم ١١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١١ يناير ٢٠٠٠.

Boucher de Perthes في وادى السوم Somme الأخفض، ومن الاكتشافات الرائعة لكل من Lartet و Christy في وادى الفيزير Vézère والدوردون Dordogne. ومستوحيًا من نظرية التطور الداروينية (أو ما كان يعتقد أنه يعرف عنها) قام بوصف السيرورة الخطية والمتدرجة للإنسان ولحضارته، منذ البدائيين وحضارة ذات الوجهين من الـ Acheuléen والـ Chelléen، وصولاً إلى صناعات رجل النياندرتال Neandertal (الموستري) والحضارات السولترية والمجدلية الوصفية للإنسان العاقل. وهذا التطور في السلالة البشرية وصل إلى ذروته إلى رجل كرومانيون Cro-Magnon، وهو رجل يشبهنا، ذات جبهة عالية وبنية قوية، وتم اكتشافه عام ١٨٦٨ في وادى الفيزير. وفي جذور هذه السلالة اللامعة تخيل Mortillet جد هو نصف قرد – نصف إنسان Anthropopithèque، الذى نسبت إليه صناعة صغيرة قائمة على الصوان المكسّر الذى عثر عليه في Thenay في مقاطعة Loir-et-Cher، وتم التأكد لاحقًا أنها مجرد أحجار تكسّرت بعوامل الطبيعة لا غير.

واليوم، في عام ٢٠٠٠ تغيّرت صورة إنسان ما قبل التاريخ كثيرًا. وتغيرت الأفكار حول التطور، والنظرية المركبة الجديدة منذ الثلاثينيات، تدحض صورة تطور تم فهمه على أنه تقدم خطى/ يشدد على التنوع، وتفرع الأشكال، ومفهوم المصادفة والتاريخ وغير المتوقع. وأغنت اكتشافات كثيرة رؤيتنا للماضي الإنساني ما قبل التاريخ. وليس فقط في منطقة Loir-et-Cher ووادى Somme والـ Vézère نبحث عن أصول الإنسان، لكن أيضا في الشرق الأوسط ووسط أوروبا، وحدود إفريقيا، وأندونيسيا والصين...

وأصبحت النظرة على ما قبل التاريخ عرقية بشكل أكثر مباشرة، وارتبطت الرغبة بالتعرف بشكل أفضل على المجتمعات الإنسانية الأولى على حقيقتها، بمتطلبات صرامة أشد في البحث في المخبر وعلى الأرض. وتلجأ هذه البحوث إلى طرق جديدة متعددة: تقنيات دقيقة جدا، القطع الأفقي للمواقع، إعادة تركيب

الأدوات، وطرق كمّية لإعادة تشكيل الحياة. ويسعى ما قبل التاريخ التجريبى، بنحت واستعمال الأدوات وإعادة إنتاج حركات النحات أو الرسام، إلى العثور على الأفكار والخطوات الإجرائية للإنسان فى هذا الماضى السحيق. وتهدف هذه المقاربة التجريبية والاستعرافية إلى إعطاء صورة أكثر حيوية، وحقيقية، أكثر إنسانية، للماضى البعيد لجنسنا البشرى. وأخيرًا، لقد تنوعت الرؤية تجاه إنسان ما قبل التاريخ، وتعقدت، وفتحت المجال للتفكير حول دور، أو الأدوار الممكنة للمرأة ما قبل التاريخ.

سلالة الإنسان العاقل

لقد أكد داروين قائلاً "إن الإنسان ينحدر من القرد"، وفعل ذلك لامارك من قبله. إن نظرية التطور التى نشأت فى القرن ١٩، قادت إلى التفكير بأصل الإنسان، ليس كمخلوق، لكن كجزء من سلسلة، مما يجذّر جنسنا فى مجموع المملكة الحيوانية. ومنذ حينه، أصبح رسم شجرة عائلة الإنسان، يعنى جمع وإعطاء معنى تطورى لكل هذه البقايا العظمية التى أطلق عليها اسم:

Ardipithecus Ramidus, Australopithecus, Homo habilis, ergaster, rudolphensis, erectus, neandertalensis, sapiens,...

والتى ترسم، منذ ما قبل التاريخ الإفريقى القديم، مجموعة أسلافنا؛ وتطرح أسئلة على مجريات تشكل الأحداث المعقدة (الحيوية - الثقافية - البيئية) التى حصلت منذ قبل ٥ مليون سنة.

ويجعل تعدد أجناس أشباه الإنسان المستحاثة المعروفة منذ عصور قديمة من المستحيل اعتماد مفهوم نهائى وخطى لهذه الصيرورة. بل يجب اللجوء إلى نموذج متفرع أو متشجر، الذى يوضح بشكل أفضل غزارة أجناس أشباه الإنسان، التى هى أحيانًا متعاصرة فيما بينها، والتى سبقتنا. وبالمواجهة مع فكرة تقدم تدريجى يمكن أن نطرح احتمال وجود آليات تطورية أكثر فجائية و مصادفة: وأكد ستيفن

جى غولد Stephen Jay Gould مجددًا، بعد علماء الجنين فى بداية القرن، أهمية مفهوم الـ néoténie بالنسبة للتطور الإنسانى: وهذا يعنى بقاء صفات طفلية أو حتى مضغية حتى عمر الكهولة، مما يسمح بظهور أشكال قليلة التخصص ضمن سلالة معنية، ويمكن أن ينشأ عنها مجموعات جديدة. وبالتالى يمكن أن يكون الإنسان حيوانًا نيوتينيًا ويكون شكلاً مشتقًا من جد الشمبانزى الذى حافظ فى عمر كهولته على صفات الشاب... وإحدى الميزات الخاصة للإنسان هى تأخر عمر النضوج والمحافظة على صفات الشباب. يتجلى هذا التأخير ببعض الصفات التشريحية: تراجع الشعرانية، الأذرع القصيرة، الرأس الكبير مقارنة مع باقى الجسم، الدماغ الكبير، الجبهة المنتصبة، تراجع الوجه،... وأيضا نفسيته وتصرفاته: فترة التعلم الطويلة، المتعة فى اللعب، قابلية تبدل وتشكل الجهاز العصبى والقدرة على اكتساب المهارات حتى أعمار متقدمة... ويمكن شرح اكتساب الإنسان لهذه الصفات، وتوافقها أيضا، بآلية بسيطة (وعفوية) للتطور.

لقد ارتبط طويلاً البحث عن أصول الإنسان بمفهوم "مهد" البشرية، الذى أشار إليه تيار دورشاردان Teilhard de Chardin مازحًا بأنه مهد "على دواليب". وتم البحث عنه فى آسيا، وفى أوروبا، ولكن الآن فرضت نفسها إفريقيا كمكان التجذر الأكثر احتمالاً بالنسبة لأشباه البشر ولنوع Homo (الإنسان). إن اكتشاف أشباه البشر المعروفين الأكثر بدائية (القرد الجنوبى) australopithèques، تم أولاً فى جنوب إفريقيا ثم فى شرق إفريقيا. وهذا يقود للتفكير بأن مهد عائلة أشباه البشر موجود فى هذه المناطق.

هل يجب اعتبار وادى الرفت الإفريقى الكبير كالمكان الأكثر احتمالاً لأصل عائلة أشباه البشر؟ إن هذه النظرية تتم مناقشتها الآن. إذ يمكن تفسير الاكتشافات الكثيرة والمذهلة فى هذه المواقع، بشروط حفظ المستحاثات غير العادية والشروط الجيولوجية المساعدة بشكل خاص فى مثل هذا النوع من الاكتشافات. نذكر مثلاً "لوسى" وهى استرالوبيتيك بدائية جدا عمرها ٣ مليون سنة تم اكتشاف بقاياها شبه

الكاملة فى موقع هادار فى أثيوبيا عام ١٩٧٤. واليوم يجب أن تتم مراجعة نموذج قصة "الحى الشرقى" التى تقول إن أشباه الإنسان الأوائل ظهروا أول الأمر فى شرق وادى الرفت، بعد أن تم حفر هذا الأخدود قبل ٧ ملايين سنة: فلقد تم العثور على فك سفلى لاسترالوبيتك من قبل عالم الإحاثة الفرنسى Michel Brunet على بعد ٢٥٠٠ كم غرب وادى الرفت وذلك فى التشاد. وهذا الفك المعاصر للوسى، يوحى بأن التاريخ البشرى فى هذا العصر البعيد، يطرح تساؤلات حول عوامل بيئية وتصرفية أكثر تعقيدًا عن التى تم الاعتقاد بها حتى الآن. وهذا الاكتشاف أعاد إلى الواجهة التساؤل حول مهد البشرية: ويضطرنا إلى التفكير بشكل مبكر حول مواضيع الانتشار والهجرات، وعلى اعتبار أنه فى هذه الأزمنة السحيقة من البليوسين، قبل حوالى ٣ ملايين سنة كان أشباه البشر منتشرين فى جزء كبير من القارة الإفريقية.

وحسب إنشاءات البيولوجيا الجزيئية، فإنه يجب اعتبار الجذر المشترك لأشباه الإنسان والقرود الكبيرة يقع بين ٥ و ٧ ملايين سنة قبل الزمن الحاضر. وإن بقايا Ardipithecus ramidus التى تم اكتشافها فى أثيوبيا تم تصنيفها عام ١٩٩٤ فى نوع جديد تضعه أقدميته (٤,٤ مليون سنة) قريبًا جدا من الأصل المشترك للقرود الإفريقية الكبيرة وأشباه البشر الأوائل.

ويضم جدول تطور العائلة البشرية أنواعًا عديدة من الاوسترالوبيتك، وأشباه البشر هؤلاء، ذات المظهر البدائى، والجبهة المنخفضة، والسير على اثنين، عاشوا سويًا فترات طويلة وتعود إلى ٣,٥ و ١ مليون سنة قبل زمننا.

أما بالنسبة للممثلين الأوائل لجنس Homo فيمكن التعَرف عليهم فى فترات بعيدة جدا: فى أولدوفاى Olduvai (تانزانيا) الرجل الماهر Homo habilis اعتبارًا من ٢,٥- مليون سنة. وتمت تسميته كأقدم ممثل للجنس الذى ننتمى إليه، لكن من الممكن أن يكون قد عاش بالوقت ذاته فى إفريقيا مع نوع ثان من جنس Homo وهو Homo ergaster "الإنسان العامل".

واعتبارًا من -١,٧ مليون سنة ظهر "الإنسان المنتصب Homo erectus" وذلك في إفريقيا، وانطلاقًا منها سوف ينتشر في كل العالم القديم. والإنسان المنتصب ذات قامة أطول وهيكل عظمي أثقل. وجمجمته الأكبر والأقوى تصل سعتها إلى حوالي ٨٠٠ سم³. وسوف ينتشر في المناطق المعتدلة للكرة الأرضية في جنوب شرق آسيا وفي آسيا الشرقية في القارة الهندية وأوروبا. حضاريًا فهو بدأ ينتقل باتجاه مجتمعات أكثر تعقيداً: فقد طوّر تقنيات الصيد، وسيطر على النار. وحوالي ١,٥ مليون سنة اخترع الصوان المنحوت على الوجهين، الذي للمرة الأولى في تاريخ الإنسانية يعبر عن حس التناظر والجمال.

أما إنسان النياندرتال فيبدو أنه ظهر قبل حوالي ٤٠٠,٠٠٠ سنة في غرب أوروبا. لكن نجده في الشرق الأوسط، إسرائيل، والعراق بين ١٠٠,٠٠٠ و ٤٠,٠٠٠ سنة قبل الزمن الحاضر. وأشباه البشر هؤلاء يمتازون بجبين منخفض ووجه متراجع إلى الوراء على شكل الخطم، وبنية ضخمة. أما جمجمتهم فسعتها تناسب جمجمتنا أو تتفوق عليها أحيانًا. ولقد استقروا في أوروبا الغربية، في العصر الحجري القديم الأوسط (أي حتى قبل حوالي ٣٥,٠٠٠ سنة) وقبل أن يتم استبدالهم فجأة، وبطريقة غير مفهومة، من قبل إنسان من النموذج الحديث في العصر الحجري القديم العلوي. أما في الشرق الأوسط فتبدو الأمور أكثر تعقيدًا، ففي الحجري القديم الأوسط، يبدو أن النياندرتالي كان معاصرًا، في الأمكنة ذاتها، للإنسان العاقل البدائي. وخلال عشرات الآلاف من السنين، شاركه ثقافته. وفي هذه المواقع في الشرق الأوسط، تشارك كل ممثلي العائلة البشرية بالثقافة "الموسترية" وليس فقط النياندرتاليين كما هي الحال في أوروبا. وبشكل خاص فإن ممارسة الدفن لا علاقة لها بهذا النموذج أو ذاك من النماذج البيولوجية لأشباه البشر، لكن بما يمكن أن نطلق عليه اسم "الثقافة الموسترية"، وهي الشيء المشترك لديهم جميعًا.

هل هو تاريخ من الحب أو الحرب... أو مجرد تعايش؟ هل كان ممكنًا للنياندرتال والعاقل أن يعيشوا سويًا في الأمكنة ذاتها. وأن يكون لديهم، مع بعض

الاختلافات الطفيفة، الثقافة والطقوس الجنائزية ذاتها، دون أن يحصل تبادل جنسى فيما بينهم؛ بالنسبة للبعض، يمكن اعتبارهم عرقين للنوع ذاتـه، وبالتبـادل هنـاك خصوبة فيما بينهما. ومن الممكن أن يكون النياندرتالى قد ساهم فى اغتناء الميراث الجينى للإنسان الحديث. لكن هناك آخرون يرفضون هذه النظرية، اسـتنادًا علـى الدراسة الحديثة لقطعة من الدنا النياندرتالى، التى يبدو أنها تؤكد، وإن كان بـشكل ما زال ضعيفًا، الفصل بين النوعين وبالتالى استحالة إخصابهم المتبادل.

قادت إنجازات علم الوراثة والبيولوجيا الجزيئية إلى طرح السؤال عن أصل الإنسان العاقل والتنوع البشرى الحالى بطريقة جديـدة. وفـى منتـصف القـرن العشرين اعتبر Franz Weidenreich، استنادًا على دراسـة أشـباه البـشر مـن المستحاثات الصينية sinanthropes (إنسان الصين)، اعتبر أنه لم يكن هناك بـؤرة واحدة، لكن عدة مراكز، استطاع الإنسان أن ينشأ فيها. وحسب رأيه، فإن الاهتمام الكبير الذى أولى للمستحاثات الأوروبية قد أخفى وجود ميزات مهمة محليـة عنـد أشباه البشر من الحجرى القديم السفلى (مثلاً بـين إنـسان الـصين sinanthrope والــpithécanthrope فى جافا). وخلال التطور المتـوازى لهـذه المجموعـات المفصولة عن بعضها البعض بحواجز جغرافية، فـإن الاختلافـات التـى كانـت موجودة فى هذه المرحلة استطاعت أن تستمر وصولاً إلى الأشكال الحالية. وهـذه الأفكار ما زالت أصل المقاربات "متعددة المراكز" التى تحاول إعادة تركيب الشبكة المعقدة لأصل المجموعات السكانية الحالية، والتى حسب رأيهم هى وريثة الأشكال المحلية للإنسان المنتصب Homo erectus، والتى تعود إلى ٥٠٠,٠٠٠ سنة، بـل حتى إلى قبل مليون سنة. وهذه المقاربة التى تفضل دراسة المستحاثات الآسـيوية، تتوجه بالانتقاد إلى الأساطير حول "جنة عدن"، وإلى التركيز على أوروبـا الـذى استحوذ على الاهتمام لفترة طويلة فى دراسات التنوع للإنسانية الحالية والمستحاثة.

ومقابل هذه المواقف "متعددة المراكز"، يدافع أصحاب "المركز الوحيد" عـن النظرية القائلة بحدوث استبدال سريع لأشكال أشباه البشر البدائيين من قبل إنـسان

عاقل، تشريحيًا حديث الشكل: ويحاول أصحاب هذه النظرية انطلاقًا من دراسة الاختلافات الشكلية ومعطيات البيولوجيا الجزيئية إعادة تشكيل الأصل الوحيد لكل المجموعات السكانية البشرية. وانتهت هذه الدراسات إلى حساب "للمسافات الوراثية" بين المجموعات السكانية الحالية، وقدمت النظرية القائلة "بحواء إفريقية" كانت "الأم" المشتركة لكل البشرية.

والنظرية القائلة بالأصل الوحيد والإفريقى لنوع "الإنسان العاقل" Homo sapiens، قبل حوالى ٢٠٠٠٠٠ سنة، تتوافق مع فكرة انفصال حديث بين المجموعات السكانية البشرية الحالية، وإلى تمايز ضعيف فيما بينها. لكنها بحاجة إلى إثبات، ليس فقط عبر تجارب جديدة وتصنيف صارم، لكن عبر شهادات من الإحاثة، وهى نادرة بالنسبة لهذه الحقبة فى هذه المنطقة الجغرافية.

ويبقى رسم الشجرة السلالية للعائلة البشرية خلال تاريخ علم الإنسان القديم وما قبل التاريخ، مجالا مفتوحًا للنقاشات، حول النماذج التطورية والآليات البيئية من جهة، والمعايير البيولوجية والثقافية الفاعلة من جهة أخرى. ويبدو تاريخ العائلة البشرية معقدًا جدا منذ نشأته: فعند جذور الشجرة السلالية قبل ٤ مليون و١ مليون سنة، تفرع أشباه البشر على الأقل إلى جنسين: القرد الجنوبى والإنسان. ونشأ تشجر من الأنواع، بعضها كان معاصرًا للآخرين، وأحيانًا فى المواقع ذاتها. إن تزايد الاكتشافات وإدخال طرق التصنيف المعلوماتية، وانقلابات مسلمات العلوم، كل هذا أدى إلى إلغاء فكرة البحث عن "حلقة مفقودة" واحدة بين القرد والإنسان. لقد تم إعادة نوع "الإنسان العاقل" إلى إطار عائلة عرفت تنوعًا كبيرًا فى العالم القديم كله. وان تكن معظم أنواع أشباه البشر قد انقرضت فإن ذلك يعتبر ظاهرة عادية فى تاريخ الأحياء، ولا يعنى مطلقًا أن نوعنا هو الوحيد المقدر له أن يبقى على قيد الحياة. فخلال عشرات الآلاف من السنين، ازدهر النياندرتاليون وأحيانًا عاشوا سويًا مع نوعنا، ثم انطفأوا، حالهم مثل حال معظم الأنواع الحية. وحصل ذلك منذ أكثر من ٣٠٠٠٠ سنة بقليل ولأسباب ما زالت مجهولة حتى

الآن. لكن كان يمكن لهم أن يبقوا على قيد الحياة، وعندها لكانت رؤيتنا لأنفسنا قد تغيرت بشدة.

مستقبل الحضارات الإنسانية

"لقد بدأ التطور "البشرى" من القـــدمين"... كـــان André Leroi-Gourhan يحب أن يثير الآخرين بهذه المقولة، مشددًا على أن اكتساب السير على قدمين سبق فى التاريخ البشرى تطور الدماغ.

وفى الواقع، فإن الاكتشافات الحديثة أظهرت أن القدرة على الـــسير علـــى اثنين قد تم اكتسابها باكرًا جدا فى تاريخ العائلة البشرية، وذلك قبل ٣ إلى ٤ مليون سنة. والدراسات التى جرت بالنسبة لحركة الاوسترالوبيتك استنتجت أنه كان يمشى على اثنين، وإن كان أحيانًا ينتقل بقوة ساعديه عندما كان يتعلق علـــى الأغـــصان بذراعيه. ولقد تم اكتشاف آثار أقدام عام ١٩٧٧ فى لائيتوليل Laetolil فى تنزانيـــا وتعود إلى قبل ٣,٦ مليون سنة وهى تخص من كل بد شخصين يسيران جنبًا إلـــى جنب وعلى قدمين... مما يؤكد أن وضعية الانتصاب والسير على قـــدمين كانـــت شيئًا مكتسبًا لدى أشباه البشر البدائيين هؤلاء، وذلك قبل أن يبلـــغ حجـــم الـــدماغ تطوره الحالى.

يعتبر تطور الدماغ من كل بد الصفة الأكثر أهميـــة فـــى شـــكل الإنـــسان. وسمحت قوالب طبيعية عام ١٩٢٥، أو قوالب اصطناعية تـــم الحـــصول عليهـــا اعتبارًا من العلامات الانطباعية للدماغ على الوجـــه الـــداخلى للجمجمـــة التابعـــة لإحاثات أشباه بشر آخرين، سمحت بمتابعة مراحل تحول حجم الـــدماغ، ودرجـــة تروية وتعقيد التلافيف الدماغية وذلك خلال تطور أشباه البشر. ويبقى مـــع ذلـــك السؤال مطروحًا بالنسبة "للاحمرار الدماغى"، ويقضى ذلك أن هناك ســـعة معينـــة للجمجمة، تمثل الحد الأدنى الذى بعده يمكن أن نعتبر أننا نتعامل مع ممثلين لجنس Homo، الجديرين بالدخول إلى معرض أجدادنا... إن التعريف، الذى تمت مناقشته طويلاً أن الإنسان الماهر هو أول ممثل للجنس البشرى أرجع الحـــدود إلـــى ٦٠٠

سم[٣]... وربما أقل من ذلك أيضاً: يجب أن نقر إذًا أن تطور الدماغ لم يكن المحرك الوحيد للتطور البشرى. فهو يشترك مع صفات تشريحية خاصة بالإنسان، مثل وضعية الانتصاب، السير على قدمين، شكل اليد، صناعة واستعمال الأدوات، استعمال لغة واضحة اللفظ...

لقد حافظت يد الإنسان على النموذج البدائى ذى الخمسة أصابع، للطرف الأمامى للفقاريات التى تسير على أربع. لكن ما يميز الإنسان هو أن الطرف الأمامى متحرر تمامًا من ضروريات التنقل. وإذا ربطنا ذلك بتطور الدماغ، فإن تحرر اليد فتح أمام الإنسان الإمكانات المتعددة للتقنيات. ومجىء "ضمير" خاص بالإنسان يمكن وضعه فى خانة الإنتاجات التقنية.

هل الأداة هى كما كان يعتقد سابقًا حاملة للاختلاف غير المنقوص للإنسان؟ ولقد حاول علماء ما قبل التاريخ وعلماء الأجناس البشرية والأخلاق، أن يقارنوا على أرضية التنقيبات أو تجريبيًا "حضارات" الأوليات وإحاثات أشباه البشر الأوائل. واقترحوا استنتاجات أكثر مرونة من النظريات الثنائية الحادة السابقة. فإذا كانت الأداة تعرّف الإنسان، فإن ظهور الإنسان لا يتطابق مع ظهور الأداة. وبعض القرود الكبيرة تعرف استعمال أو حتى صناعة الأدوات. والدراسة الدقيقة لتقنيات بعض القرود قادت أيضا إلى ملاحظة أشكال متنوعة فى مجموعات مختلفة محددة جغرافيًا، وبعض الباحثين لا يترددون أبدًا فى الكلام عن "التصرفات الثقافية" عند هذه القرود. ومن جهة أخرى فإن أول صناعات معروفة للأحجار هى غالبًا من إنتاج الاوسترالوبتيك. فأشباه البشر هؤلاء يملكون دماغًا ليس أكبر من دماغ الغوريلا، هل هم أصحاب الـ pebble tools (الجارة المدورة) أو الصناعات على شظايا التى تعود إلى ٢,٥ مليون سنة، والتى وجدت مشتركة معهم فى بعض المواقع الإفريقية؟ يقر الكثيرون بذلك اليوم... وإن كان البعض الآخر يبقى متحفظًا بمنح هذه الصفة الثقافية لبشروى (hominidé) لا يملك موقعًا فى سلسلة أجدادنا! وبالتالى كان من الضرورى إعادة التفكير "بالحدود" التى كانت سابقًا تبدو وكأنه لا

يمكن تجاوزها. ليس فقط بين القرود الكبيرة وأشباه البشر الأوائل، لكن أيضا بين الممثلين المختلفين للعائلة الإنسانية الكبيرة.

الإنسان فقط قادر على التنبؤ وعلى النوايا: وهو يعرف كيف يصنع أداة ليصرع الحيوان أو يقطع لحمه. والأكثر من ذلك، يصنع أداة تفيده فى صنع أداة أخرى. والأداة هى آلة للعمل، لكن أيضا نتاج فعل خلاّق. وإذا كانت البقايا العظمية نادرة، وتستحاث بشكل سيئ، فإن الأعداد الكبيرة من قطع الصوان المنحوتة بدءًا بالأحجار المشذبة وانتهاء بأوراق الغار الأنيقة السولترية، إلى رؤوس السهام المجدلية تسمح جميعها بمتابعة آثار الطرق التى اتبعها البشر، وتقييم تقدمهم فى سبيل غزو الطبيعة والسيطرة عليها، وللإحساس بالتعقيد المتزايد للمبادلات فيما بينهم واتصالاتهم.

تم توصيف "حضارات ما قبل التاريخ" تقريبًا فقط بالأدوات الحجرية التى تؤلفها. فالموسترى والسولوترى والمجدلى قبل كل شىء أدوات وتقنيات حجرية تم وصفها وأرشفتها ودراستها حسب توزعها الإحصائى. ومع ذلك فإن المقاربات الراهنة تحاول أن تتوسع فى مفهوم "الحضارات" هذا بتوجيه الضوء على نواحٍ ثقافية مهمة أخرى والاختراعات التقنية الأساسية مثل النار والإبرة والمنقاش والحبل والنسيج والبنى السكنية وتوزيع المجموعة الاجتماعية، تقسيم العمل...

وفى المراحل الأكثر حداثة من الحجرى القديم العلوى، الفن بالنسبة للمفروشات أو الصخور، يظهر أن الإنسان أصبح له مدخل إلى الرمزى، وإلى التمثيل. وعديدة هى الأشياء المصنوعة من العاج، أو العظم أو خشب الرنّة، المنحوتة أو المحفورة التى تم اكتشافها فى مواقع تعود إلى ما قبل التاريخ، وتشهد على الخصب الفنى للصيادين الملتقطين فى ما قبل التاريخ، وأن هؤلاء "البدائيين" فى الحجرى القديم كانوا موهوبين ولديهم حس الفنان، أى كانوا قريبين جدا من الإنسان الحالى.

وأمام هذه التماثيل الصغيرة عن حيوانات وبشر، أو هذه العلامات التجريدية يطرح سؤال حول معناها: ولا يتردد الراهب Breuil أن يعطي شعورًا دينيًّا لصانعيها، وأن يفسر الأشكال والرموز المنحوتة أو المحفورة، المرسومة أو الملونة من العصر الحجرى القديم، كتظاهرات لعبادات حيوانية وطقوس شامانية، يمكن أن نعثر عليها عند بعض الشعوب المعاصرة. وتعرضت نظرية الشامانية هذه للكثير من الانتقادات، ولكن تمت العودة إليها مؤخرًا من قبل عالم ما قبل التاريخ الفرنسى Jean Clottes وعالم الأجناس من جنوب إفريقيا David Lewis-Williams، اللذين اقترحا تفسير رموز الفن فى العصر الحجرى القديم مستلهمين تلك الموجودة فى الشامانية، المقروءة حسبهم فى الفن الصخرى لرجال الأدغال فى جنوب إفريقيا. ويدعم هذا التفسير، بحجج من الفيزيولوجيا العصبية، لكن هذا التفسير يبقى ضعيفًا لأنه عبر العمومية التى يفرضها، ينفى قراءات هذا الفن على ضوء سياقه المتميز ورمزيته الخاصة.

إن القدرة الرمزية التى يعبّر عنها الفن هى دون شك مرتبطة بإمكانات التبادل والكلام. ونحن نعرف أن بعض مناطق الدماغ البشرى متخصصة بالكلام وأن نمو هذه المناطق الدماغية بدأت ملاحظته، منذ الإنسان الماهر Homo habilis، أو ربما عند الاوسترالوبيتيك. وبعض مواصفات أعضاء التصويت (الحنجرة، نواتئ الفك السفلى لتأمين مكان لارتكاز اللسان، ومضخمات الصوت الأنفية) ضرورية أيضا، ومع ذلك تبقى هناك الكثير من الشكوك: هل كان الزئير والصراخ والغناء هى الأشكال البدائية للتعبير الإنسانى؟ هل اللغة المنطوقة، من الجهتين الصوتية واللغوية، كانت موجودة فى المراحل القديمة من نوع الـ Homo، أو عندالاوسترالوبتيك، أو أنها ظهرت فقط عند الإنسان الحديث؟ هل تنجم اللغة الإنسانية من "غريزة" محددة وراثيًا وهى تميزنا عن باقى الأوليات منذ بداية العائلة الإنسانية؟ أو يجب أن نعتبر اللغة كمنتج للثقافة والمجتمع؟ وتكون معاصرة عندها للسيطرة على رموز الفن؟

نظرات جديدة على المرأة قبل التاريخ

لم يمنح القرن التاسع عشر المرأة ما قبل التاريخ صورة تمجيدية. وبطل ما قبل التاريخ، من Figuier إلى Rosny، ليس إلاّ إنسان Cro-Magnon المسلّح بالهراوة، وهو يجر وراءه غنيمة من شعرها ليمارس معها طقوس العربدة في ظلام المغارة... وإن وحشية "الأزمنة المتوحشة" هى الحجة للتلميح عن شراسات جنسية، وعن اغتصابات. وهذا الاهتمام بالتصرفات الجنسية فى زمن المنشأ ما هو إلاّ الوجه الآخر للحياء الكاذب السائد فى هذا الزمن. ويتلاقى مع الاهتمام الذى بدأ يوجه لظلامات النفس، والدوافع البدائية، غير الواعية التى تضرب جذورها فى الأزمنة السحيقة للبشرية.

وتبدو نظرتنا الآن وقد بدأت تتغير. فبطل ما قبل التاريخ، أصبح بطلة اسمها "لوسى". وهى اوسترالوبيتيك تم اكتشافها عام ١٩٧٤ فى موقع هادار فى إثيوبيا، وعاشت قبل حوالى ٣ مليون سنة.

وعديدة هى القصص التى تعيد رسم أفراح وأتراح وجودها. وكعلامة لهذا الزمان: أصبح للمرأة مكان ما قبل التاريخ.

وجدد علماء الأجناس البشرية مقاربتهم لموضوع العلاقات بين الجنسين فى أزمنة ما قبل التاريخ، مشددين على أهمية فقدان الدورة النزوية Oestrus التى تميز الجنس فى الإنسان عنه عند بقية الثدييات، وذلك فى سياق آلية التأنسن. فالنشاط الجنسى عند معظم الحيوانات، بما فى ذلك القرود الكبيرة، يخضع لساعة بيولوجية وهرمونية، تحدد مواعيد النزو. بينما الجنس عند الإنسان موجودة فى عمق استعداد دائم. وهذه الجاهزية كانت شرط ظهور القواعد والممنوعات التى فى معظم المجتمعات تحد من استعمال وممارسات الجنس. ربما ظهرت فى حينه بعض مشاعر الحنان، وبدأت ترتسم ملامح الحياة العائلية، وتقسيم العمل وقيام القواعد الأخلاقية، منع زواج السفاح، وبنى القرابات، وهذا ما علمنا إياه علماء علم الأجناس البشرية على أنه فى أصل كل ثقافة.

ومنذ حوالى ثلاثة عقود، أعادت أعمال مشتركة بين علماء الأجناس وعلماء ما قبل التاريخ، التساؤل حول عدم فاعلية الدور الاقتصادى والثقافى للنساء فى مجتمعات العصر الحجرى القديم. وفتحت أبحاث علماء الأجناس على رجال الأدغال فى إفريقيا الجنوبية طرقًا جديدة لفهم طرق الحياة والغذاء والبنى العائلية وتقسيم العمل حسب الجنس عند شعوب الصيادين-الملتقطين. وضمن هذه المجموعات من الرّحل، فإن النساء لم يكن سلبيات أو يقمن بمهام ثانوية، أو مثبتات لضرورة تربية أولادهن، ويبقين معتمدات على الرجال للحصول على قوتهن. بل على العكس من ذلك فإن المرأة كانت تلعب دورًا فاعلاً فى البحث عن الطعام، تلتقط الثمار وتصيد عندما تسنح الفرصة، تستعمل أدوات وتحمل أطفالها معها حتى عمر الأربع سنوات، وتمارس بعض تقنيات الحد من النسل (مثل الإرضاع الطويل). وقادت هذه الدراسات علماء ما قبل التاريخ إلى التفكير من جديد حول طريقة حياة الرجل العاقل فى الحجرى القديم العلوى، وعلى رفض النماذج التى كانت تعتبر أن الصيد (وهو نشاط ذكورى حصريًا) هو أصل أشكال الحياة الاجتماعية. وبدأوا بوضع سيناريوهات أكثر تعقيدًا وتنويعًا، مظهرين إمكانيات مشاركات مختلفة بين الرجال والنساء فى سبيل الإبقاء على حياة المجموعة.

لقد عاشت طويلا الصورة الملحمية للرجل الصياد، هذا البطل الذى يلاحق إلى ما لا نهاية طريدته، واليوم يجب أن نضيف لها صورة المرأة الملتقطة (للنباتات والفواكه والأصداف). وتجاوز عالم الآثار الأميركى Lewis Binford ذلك مؤكدًا على وجود نشاطات فى الحجرى القديم غير الصيد، مثل تقطيع جيف الحيوانات ونقلها وأكل بقايا الحيوانات الميتة التى قتلتها حيوانات مفترسة أخرى. وهناك أدلة على وجود نشاطات من هذا النوع وذلك فى طبيعة وتوزيع أدوات من الحجر فى بعض مواقع تقطيع الجيف. وفى طبيعة اختيار أجزاء تشريحية معينة من الحيوانات التى يتم أكلها. وإذا كان ذلك هو الحال، فيمكن أن تكون النساء قد شاركت فى هذه النشاطات، وأن تكون، كما الرجال، قادرة على تأمين الطعام.

ويمكن أيضا، وذلك عكس الأفكار المكتسبة، أن تكون النساء قد أصبحن متمكنات من التقنيات منذ زمن باكر، وأنهن صنعن الأدوات، وأن يكنّ قد مارسن نحت الصناعات الدقيقة من الشظايا التى كانت وافرة فى كل عصور الحجرى القديم. وأن تكون النساء قد اخترعت الحبال قبل ٢٠٠٠٠ سنة وفن نسج الألياف النباتية، كما تشهد بذلك الزينة والألبسة التى تزين بعض التماثيل الصغيرة من الحجرى القديم: نذكر الشبكة التى تغطى شعر تمثال "السيدة ذات القبعة" من Brassempouy، أو إزار فينوس من Lespugue وأحزمة تماثيل فينوس العاجية من Kostienki فى روسيا...

لكن هل تعطينا هذه الفينوسات من الحجرى القديم صورة واقعية عن المرأة ما قبل التاريخ؟ وإذا كانت هذه هى الحال فيجب أن نصدّق كما قال ساخرًا Leroi-Gourhan إن المرأة فى الحجرى القديم كانت ذات طبيعة بسيطة، عارية وذات شعر أجعد، وكانت تعيش جامعة يديها على صدرها، مشرفة بهدوء من رأسها الصغير على التهدل المريع لصدرها ووركيها... لقد أثارت تماثيل الفينوس هذه عددًا كبيرًا من التفسيرات من جهة الأجناس البشرية، الفيزيولوجية، النسائية الدينية والرمزية. ويرتكز بعضها فى فن الحجرى القديم على غزارة الصور الجنسية والأشياء الواقعية (فروج نسائية أو قضيب ذكرى منتصب، مشاهد للجماع، أجساد نساء تم التأكيد فيها بشدة على الثديين والأرداف والأعضاء التناسلية)، ورأوا فى ذلك تعبيرًا لا لغط فيه للرغبات والممارسات الجنسية، أى بالمحصلة المكافئ الحجرى القديم لصورنا الإباحية الحالية.

لكن بعض الدراسات النسائية ناقشت الواقع الذى كان يُعتبر من المسلمات، وهو أنه من الممكن أن هذا الفن تم إنتاجه من قبل الرجال ومن أجل الرجال. وعند الأبورجين الأسترالى فإن الفن المقدس يحتفظ فيه فى بعض المناسبات للنساء فقط. وإذا قبلنا أن الفن فى الحجرى القديم كان يمكن أن يكون له وظيفة طقسية ودينية، فإن أشكاله وأشياءه قد تكون لها استعمالات ليست ذكرية بحتة إنما نسائية وللتعليم

الجنسى للمراهقات. ووجدت عالمة الأجناس من كاليفورنيا Marija Gimbutas فى هذه الفينوسات من الحجرى القديم صورة "الجدّة". وهو شكل من أشكال نشوء الكون ورمز عالمى للخصب، ونجده فى الحجرى الجديد وحتى عصر البرونز فى كل أوروبا: وهناك مجتمعات قامت دياناتها على عبادة "الآلهة الكبيرة" وعرفت بشكل متواصل وحتى عصر حديث تقريبًا أشكالاً من السلطة الأموية وأشكال للانتقال حسب سلسلة الأم، قبل أن تستبدل ببنى اجتماعية ذات سلطة ذكورية وديانات بطريركية. ويستعيد هذا البناء نظرية المجتمعات الأموية، ويدعم النظريات النسائية، لكن مع ذلك يبقى ضعيفًا، فالتاريخ اللاحق يرينا أن عبادة الأم يمكن أن تكون موجودة فى ديانات ذات سيطرة ذكورية، وفى مجتمعات تضم عددًا من الذين يكرهون النساء.

ومهما يكن فإن صورة المرأة فى الحجرى القديم قد تغيرت. وإذا كان مازال شبه مستحيل أن نحدد بدقّة فى بقايا ما قبل التاريخ النادرة ما الذى يميز بين نشاطات هذا الجنس أو ذاك، فإن هذه النظريات الجديدة والعلوم الجديدة، المرتبطة مع تغيرات مجتمعاتنا، تعطينا صورة أكثر حياةً وتلونًا، وربما أكثر شبهًا بالمرأة زمن الأصول.

نتيجة

مثل كل العلوم التى تتناول الأصول، فإن ما قبل التاريخ موقع لا ينضب من الأسئلة والأحلام والتخيلات. ويمثل عالمًا على الحدود بين العقلانية والخيال. حيث يمكن للشاعرية والخيال، الهزل والجنس أن تعبّر عن ذاتها. لكن الخيال فى هذا المجال لا يمكن اختزاله إلى مجرد توافق بين النظريات الثابتة، والنماذج القديمة أو الأماكن المشتركة. بل على العكس من ذلك فهو يخترع ويخلق ويتجدد حسب الاكتشافات والأحداث، وأيضا حسب العروض التى تنطبع فى الذاكرة فى لحظة وسياق خاصين.

إن علم ما قبل التاريخ هو علم متعدد الاختصاصات، يستنفر الجيولوجيا وعلوم الأحياء، علم الآثار وعلم الأجناس البشرية وتاريخ الفن... ويغتني بتطورات كل هذه العلوم. لكنه قبل كل شيء اختصاص تاريخي، وإن كانت وثائقه أفقر بكثير من وثائق التاريخ: فهي ليست إلاّ آثار وبقايا مشظاة وصامتة، والتي يجب أن نعطيها معنى، والتي تصبح ترجمتها مكاناً مفضلاً لإسقاط أطرنا الفكرية والثقافية.

لهذا يمكننا، وبدون مخاطرة، التنبؤ بأن بشرية ما قبل التاريخ في القرن ٢١ لن تشبه تلك في القرن ١٩ أو حتى القرن ٢٠. ليس فقط لأن اكتشافات، المحدثة أو غير المتوقعة منها، ستظهر على الأرض أو في المخابر، لكن أيضا لأن مجتمعاتنا ذاتها، ووعينا بها، ستتغير أيضا. فإنسان ما قبل التاريخ له تاريخين: تاريخه الخاص والتاريخ الذي ترسمه تهيؤاتنا.

هل تسيطر حركية الكرة الأرضية على تطور الأنواع(٧)

بقلم: فينسنت كورتيلو

Vincent COURTILLOT

ترجمة: د. سامر اللاذقاني

منذ ٦٥ مليون سنة كانت الديناصورات تحتل كافة المساكن البيئية: الهواء، البحار، الأراضي. وكانت على أشكال متعددة، منها الصغيرة والضخمة، العاشبة واللاحمة. وكانت جميعها متكيّفة بشكل رائع مع هذا العالم من العصر الجيولوجي الثاني. وفي أحد الأيام الجميلة، منذ قرابة ٦٥ مليون سنة، اختفت جميعها. والنظريات المقترحة من قبل الباحثين منذ مائة سنة لتفسير هذا الاختفاء عديدة جدا، ومن أكثرها شعبية النظرية التي ازدهرت منذ عام ١٩٨٠، والقائلة بأنه خلال لحظة على مقياس الأزمنة الجيولوجية، ارتطمت مجموعة كبيرة من المذنبات أو نيزك ضخم على سطح الأرض. وانبعث عن هذا الاصطدام ضمن الغلاف الجوي الأرضي كميات هائلة من الغبار والمعلقات التي قد تكون قد بدلت المناخ: ليل طويل، شتاء كوكبي، تبعتهما فترة من ظاهرة الدفيئة دامت لفترة أطول. وبسبب هذا الانتقال برد/حر اندثر عدد كبير من الأنواع ولم تقم له قائمة. كما أن هذا الارتطام قطع السلاسل الغذائية للأحياء، مما أدى إلى اختفاء عن سطح الأرض، ليس فقط كافة أنواع الديناصورات، وإنما أيضا العديد من الأنواع الأخرى ذات الحجوم الأصغر.

وكل ما أعاد علماء الإحاثة تركيبه عن الحياة السابقة على الأرض، يقوم

---

(٧) نص المحاضرة رقم ١٢ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٢ يناير ٢٠٠٠.

على تحليل بقايا المستحاثات التى وجدت ضمن الصخور. ولنوع معين من الأحياء مثلا، نادرًا ما نجد أفرادًا بقوا على حال جيدة. والتسجيل الذى بحوزتنا عن الحياة على الأرض عبر هذه المستحاثات هو تسجيل غير كامل، وكل نظريةٍ سوف نبنيها اعتمادًا على هذه المشاهدات، ستكون تابعة لدرجة اكتماله.

وسيطر على تفكير أصحاب النظرية التطورية والجيولوجيين فى القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين ما يمكن أن نسميه مبدأ التشابه: والتى تنص على أنه فى سياق الأزمنة الجيولوجية لم يسبق أن حدثت ظاهرة مختلفة بشكل جذرى عن ما يحدث اليوم أو غير مشابهة له، فالتحولات والتطورات التى نلحظها فى الصخور مردّها فقط طول الأزمنة الجيولوجية الفائق. فالمشابهين يرفضون أن نستند على أية كارثة لشرح مشاهدات الجيولوجيين. وهذا مع وجوب معرفة كيفية تعريف كلمة كارثة.

يخضع سطح الأرض، بسبب الماء والتآكل وتقلب المناخات وحركية الصفائح الأرضية، لعملية تجدد مستمر. وبالتالى فإن لآثار ارتطام النيازك والفوهات حظًا قليلاً جدا فى البقاء. أمّا القمر، بالمقابل، فقد سجل تاريخ بداية المجموعة الشمسية. فهو جرم خامل واستطاع أن يحافظ على وضعه مجمدًا كما كان قبل ٣ – ٤ مليار سنة، حيث نشاهد عددًا كبيرًا من الفوهات العملاقة. ليس هناك ما يمنع من الاعتقاد أن الأرض أيضا لم تخضع خلال هذه الحقبة لاصطدامات بالأهمية ذاتها. فالسؤال هو فى معرفة التاريخ الذى حصلت فيه آخر هذه الارتطامات الكبيرة.

منذ عام ١٩٨٠، ونظرية اختفاء الديناصورات بسبب اصطدام نيزك بالأرض هى المسيطرة على الساحة. ومع ذلك تم وضع العديد من النظريات الأخرى، إحداها، وكنت قد شاركت بعض الزملاء فى وضعها، تقترح كارثة مناخية لكن من منشأ داخلى، حيث تجد منبعها فى النشاط البركانى الأرضى. هذا النشاط الذى كان بالطبع أشد وأعظم من كل ما سجلته سابقًا الذاكرة البشرية.

لنتخيل شرخًا كبيرًا يقيس عدة مئات من الكيلومترات مع ينابيع هائلة من الحمم، مطلقةً فى الغلاف الجوى الأغبرة والمعلقات والغازات (كلورهيدرية، كربونية، كبريتية) قادرة على إحداث تغيير دائم فى المناخ. ونحن نعرف أنه منذ حوالى ١٥ سنة، منذ ثورة بركان الشيشون El-Chichon، ومؤخرًا بركان بيناتوبو Pinatubo، أن الكبريت الذى يقذفه بركان فى الجو قد يكون مسئولاً عن تطور مناخى واضح وذات قيمة. فالحرارة الوسطية لنصف الكرة الشمالى قد انخفضت بشكل قابل للقياس خلال بضع سنوات بعد ثورة بركان بيناتوبو، وذلك ببضع أجزاء من الدرجات. ويعتبر هذا، على مستوى الحرارة الوسطية لنصف الكرة الأرضية، مقدارًا لا يمكن إهماله. ومع ذلك، فإن الأنواع لم تنقرض جماعيًّا فى الخمسة عشرة سنة الأخيرة! وإذا كان لنظرية البراكين أن تفسر انقراض الأنواع، فهى حتمًا قد تبدّت بمقاييس أخرى ما زالت بحاجة للبرهان عليها.

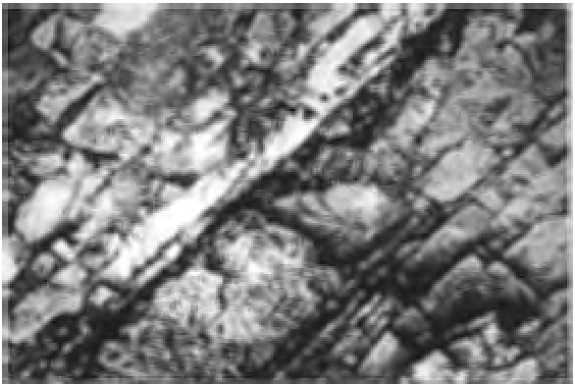
وفى حال الاستناد إلى فرضية اصطدام النيزك، الذى لا يدوم لأكثر من أجزاء الثانية، أو لثورة بركانية عارمة امتدت لعشرات أو لعدة مئات الألوف من السنين، فنحن لدينا هنا أحداث تعتبر قصيرة جدا مقارنةً مع الأزمنة الجيولوجية المديدة، التى تقاس بملايين وبعشرات الملايين، وحتى مليارات السنين.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن بعض العلماء قد صاغوا الفرضية القائلة بأن شيئًا ما عنيفًا لم يحدث وقت اختفاء الديناصورات؛ وإنما هى النوعية السيئة لتسجيل هذه الأحداث عن طريق الأحفورات التى أعطت هذا الانطباع بالعنف. فى الحقيقة تبدو الأمور وكأنها جرت بشكل هادئ ومنتظم، على امتداد عشرات الملايين من السنين: لقد سجلنا منذ ٦٥ مليون سنة حركة واسعة من انحسار وعودة البحار موزعة على ١٥ مليون سنة، مما أدى إلى تغير واسع فى جغرافية العالم.

ومن أجل إنصاف كل هذه النظريات الموجودة، ظهرت مدرسة أخرى تعتقد أن الانقراض كان بالتأكيد سريعًا، لكن الحركية الداخلية لعلاقات الأنواع فيما بينها هى التى تكون قد قادت إلى اختفاء هذه الأنواع بالجملة. فيمكن لعلاقات غير خطية

بين معايير جملة ديناميكية أن تؤدى، كما نعلم، إلى تطورات فى غاية العنف: وهذه هى نظرية الفوضى الحتمية.

إلى جانب هذه العائلات الأربع فى نظريات اختفاء الديناصورات، يوجد غيرها ما يقارب المئة، وقد تم عرضها منذ قرن مضى. فقد تم الإشارة أيضا أنه نظرًا لتغير نظامها الغذائى فقد كانت الديناصورات تضع بيوضًا قشرتها هشة لدرجة أنها كانت تهرسها حين حضانتها...

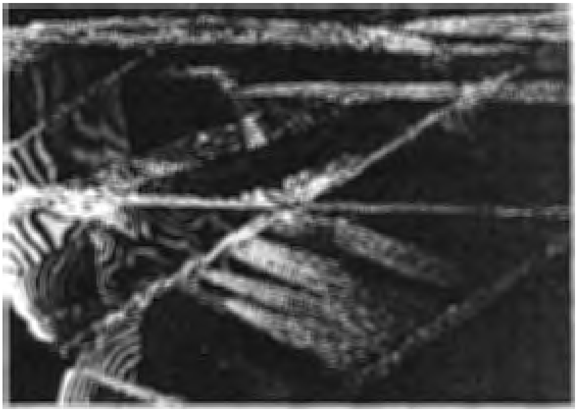


شكل (١)

تبارزات كلسية فى شمال مدينة غوبيو فى أمبريا فى إيطاليا.

وتم تجديد مقاربة هذه المسألة من خلال معطيات تم تجميعها منذ حوالى ٢٠ سنة من قبل الجيولوجيين والجيوفيزيائيين والجيوكيميائيين واختصاصيين لأكثر من ٢٠ اختصاص وتحت اختصاصات مختلفة. ويبدى الشكل ١ تبارزات كلسية شمال مدينة غوبيو Gubbio فى أمبريا Ombrie، فى إيطاليا. إن التكلسات الظاهرة فى الأسفل والأيمن، بلون رمادى مزرّق، كانت قد تموضعت فى بيئة شبه استوائية على عمق بضع مئات من الأمتار، فى بحر حار نسبيا. وعند فحص قطعة صغيرة منها تحت المجهر، نجد مستحاثات لحيوانات صغيرة ومتعددة هى المنخربات

foraminifères. هذه الحيوانات تميز عمر الطبقات التى كانت قد احتبست ضمنها، العصر الحوارى، أى الحقبة الأخيرة من العصر الجيولوجى الثانى. فى أسفل وأيمن الشكل، نحن فى حوالى - ٦٦ مليون سنة. وبشكل منحرف فى منتصف الصورة، توجد طبقة صغيرة بثخانة ٢ - ٣ سم، لونها بنى غامق، مؤلفة من الغضار الداكن، تفصل الطبقات الكلسية الفاتحة اللون عن الطبقات الكلسية الزهرية اللون؛ وبشكل بادى للعيان فإن محتواها من أكسيد الحديد هو سبب التباين فيها. فهى كلسيات تدل تقريبًا على الوسط ذاته من الترسبات. عندما نتفحص تحت المجهر شريحة رقيقة من هذه الصخرة، نلاحظ بأنها، خلال السنتمترات الأولى، لا تحتوى أبدًا على أى من المستحاثات. فيتولد لدينا الانطباع وكأن العالم هنا قد خلى من الأحياء. ثم وبعد أن نصعد بضعة سنتمترات أخرى نحو الأعلى، نشاهد منخربات بمعظمها مختلفة عن باقى الأنواع التى كنا قد وجدناها فى الأسفل: فهى أصغر، أقل نعومة، وأقل زخرفة، هذه الأنواع البحرية الأولية تعود فى نشأتها إلى بداية العصر الثالثى، منذ -٦٥ مليون سنة: هنا نكون قد اجتزنا الحد الشهير ما بين العصر الجيولوجى الثانى والعصر الثالث، أى الحدود الحوّارية-الثالثية. ومنذ قرابة ٢٠ سنة تساءل العلماء ماذا يمكن أن يكون قد جرى؟ ما المدة، وما مقدار ذاكرة الأرض الذى يضمه هذا السنتمتر ونصف من الغضار الأسود؟ وهناك عدد من الباحثين الأميركيين والإيطاليين، وخاصة والتر ألفاريز Walter Alvarez، قاموا بأخذ عينات من هذا الغضار والكلس الموجود على جانبى الغضار، ثم حللوا تركيبها الكيميائى. المفاجأة كانت أن الغضار غنى جدا بالإيريديوم، وهو معدن نادر جدا فى قشرة الأرض، لكنه نسبيًّا موجود بوفرة فى بعض أنواع النيازك: وقد يكون أحد تلك النيازك قد تبخر لحظة اصطدامه بالأرض وتناثرت مكوناته، متموضعة على سطح الكرة الأرضية مسببة فى كل مكان هذا التركيز غير الطبيعى من الإيريديوم. نحن الآن فى عام ١٩٨٠، ونظرية النيزك تلك قد ولدت.



شكل (٢)

كوارتز تعرض لاصطدام فى وادى فرنشمانى فالى Frenchman Valley (فى كندا). ميكروسكوب إلكترونى بإشـــارات × ٣٥٠٠٠ مـــن التحليـــل الضوئى المستقطب.

وفى الأعوام اللاحقة، اندفع الباحثون على مقاطع الحدود الكريتاسى-الثالثى حيثما كانت سطحية. والشكل ٢ يظهر شيئًا عثر عليه فى أحد هذه المقاطع، وهــو حبة صغيرة من الكوارتز، قطرها حوالى ١ ملم، كما تُرى فى المجهر ذى الضوء المستقطب التحليلى. تجتاز هذه الحبة مجموعات من الخطوط السوداء الــصغيرة، المتوازية فيما بينها، مشكلةً عائلتين لكل منها زوايـــا وصـــفية جـــدا. ويـــستطيع الاختصاصيون، بتوجيه هذه البلورة، أن يقولوا بدقة إلى أى سطح بلورى تعود هذه التشوهات. لأنه لا يمكن إنتاج هذه البنية إلاّ إذا مررنا عبر بلورة الكوارتز موجـــة اصطدامية خارقة. موجة الصدمة هذه تبعثر الشبكة البلورية، مخلفةً وراءها هـــذه التصدعات، وهذه الحدود بين المجالات البلورية المختلفة. يبدى كل من الصلـــصال الرملى على مقربة من نقطة ارتطام النيزك فى كانيون ديابلو فى Canon Diablo أريزونا، أو نماذج لصخور من مواقع التفجير النووى، البنى نفسها. وهـــذه حجـــة قوية جدا لصالح نظرية النيزك. وحبيبات الكوارتز المصدومة هذه موجـــودةٌ فقـــط ضمن طبقة الغضار الغنى بالإيريديوم، وليس فوقها أو تحتها.

وأخيرًا، تم اكتشاف مكان ارتطام ضخم لنيزك فى يوكاتان Yucatan فى المكسيك، وذلك باستخدام قياسات غير مباشرة تمت بتحريك مقياس للجاذبية على سطح الأرض. وفى بدايات سنوات السبعينيات، اكتشف منقبون عن البترول، فى قعر الحفريات المنفذة فى هذه المنطقة، صخورًا من الممكن أن تكون بقايا للقشرة الذائبة نتيجة الحرارة المنبعثة فى لحظة الاصطدام. عمر هذه النماذج ٦٥ مليون سنة تمامًا، مما يتوافق مع عمر حدود الحوّارى- الثالثى. وتبدو فوهة شيكسولوب Chicxulub وكأنها تعود إلى نقطة ارتطام نيزك ألفاريز.

فالإيريديوم، والكوارتز المصدوم، وآثار الاصطدام فى المكسيك، والفوهة الكبيرة، كل ذلك كان يتماشى مع نيزك يبلغ قطره قرابة ١٠ كم. إن السيناريو لصالح اصطدام الكويكب والذى طور بين ١٩٨٠ و ١٩٩٠ يجب أن يلقى قبولاً الآن.

وفى بداية الثمانينيات وجدت نفسى مع فريقى نجمع الحصى فى مكان ما بين التيبت والهند. وكنا نقيس انجراف القارات. وقررنا عندها دراسة تشكل بركانى ضخم، بالقرب من بومباى. يدعى هذا التشكل الجيولوجى "بوابات ديكان": ٢٠٠٠ متر من السماكة من الحمم السطحية منتشرة على مساحة ٥٠٠٠٠٠ ألف كيلومتر مربع. وهذا يعنى أننا أمام شىء مؤلف من حوالى أكثر من مليون كيلومتر مكعب من الحمم المتراكمة، طبقة فوق طبقة، حيث يقيس بعضها مئة متر من السماكة. لم نشاهد أبدًا فى ذاكرة البشر اندفاعًا فى هذا الحجم. وكان عملنا هو محاولة توصيف هذه الصخور، وتأريخها مستعملين تقنيات مختلفة.

لقد نقلنا إلى المختبر عينات من بازلت ديكان Deccan، وقمنا بقياس درجة المغنطة. إن معظم الصخور الطبيعية تضم كميات قليلة من أكاسيد الحديد المغناطيسية، غالبًا من المغنطيط magnétite أو الشاذنج (حجر الدم) hématite. ونحن قادرون على قياس اتجاه هذا التمغنط، فى اللحظة التى تسمّر فيها عندما تشكلت الصخرة. وبهذه الطريقة نحصل على صورة فوتوغرافية عن اتجاه الحقل

المغناطيسى الأرضى القديم. أى أن الصخور الطبيعية تتصرف، بشكل عام، وكأنها بوصلات احتفظت فى ذاكرتها باتجاه الحقل المغناطيسى الأرضى، على المستوى الأفقى والمستوى العمودى فى الوقت ذاته، وذلك أحيانًا منذ مئات ملايين السنين.

ولقد استعملنا أيضا تقنيات للتأريخ تعتمد على التناقص الطبيعى للنظائر المشعة، وأكثرها شهرة هى طريقة الكربون ١٤. ويوجد أيضا أزواجٌ أخرى من الذرات يمكن استعمالها، البوتاسيوم والأرغون، الربيديوم والسترنسيوم، الأورانيوم، التوريوم والرصاص. وبالتالى يسمح علم الجغرافيا الزمنية بوضع تأريخ للصخور منذ زمن موغل فى القدم، حتى بدايات المجموعة الشمسية، شرط أن تحتوى كمية كافية من هذه النظائر. وباستعمال إحدى هذه الطرق، وهى طريقة نظائر الأرغون ٣٩ و ٤٠، استطعنا أن نُظهر بأنه، من أسفل إلى أعلى الجرف، تموضعت الحمم الهندية خلال فترة زمنية قصيرة، وذلك قبل ٦٥ إلى ٦٦ مليون سنة. ونحن نستطيع أن نقول، بفضل المغنطة، إن هذه الفترة لم تتجاوز من دون شك نصف مليون سنة.

ولا تسمح، أى من هذه التقنيات التى أتيت على ذكرها لوحدها، أن تُقدم جوابًا لمسألتنا. فالمغنطة تقول: "قصير جدا". وطريقة أرغون- أرغون تقول: "حوالى ٦٥ مليون سنة"، لكن حتى مع هاتين المعلومتين تبقى سيناريوهات عديدة مطروحة. لكن لحسن الحظ وجدنا، وعلى شكل "شطيرة" بين سيلين من الحمم، رُسابات متجمعة فى بحيرةٍ لا بد أنها تشكلت خلال فترة هدوء بين الثورات البركانية. وفى هذه الرُسابات، وجدنا بقايا صغيرة لمستحاثات تشهد على الفترة الأخيرة من الحقبة الثانوية. وإذا أخذنا محصلة نتائج الجغرافيا الزمنية، المغناطيسية القديمة، وعلم المستحاثات، فإننا نجد أن سيناريو واحدًا فقط ممكن: إن اندفاعات الديكان العملاقة تعود إلى الحد الفاصل الشهير بين الحقبتين الثانوية والثالثية.

والمنحنى فى الشكل ٣ يُظهر التطور عبر الزمن، لعددٍ من الأنواع البحرية المستحاثة التى تم اكتشافها. ونرى فيها آخر انقراض كبير وشهير الذى حصل قبل ٦٥ مليون سنة، والذى يُعلّم هذا الحد الفاصل بين الحقبة الثانوية (ميزوزوويك)

والحقبة الثالثية (سينوزوويك). إن عدد الأنواع، وتنوع الحياة على الأرض، قد ازداد كثيرًا خلال الأزمنة الجيولوجية، لكن ليس بطريقة متساوية. ففي الحقبة الأولية (باليوزوويك)، وبعد بداية صاعقة ("الانفجار الكمبرى")، استقر التنوع على قيمة ثابتة نسبيًّا، خلال مئات الملايين من السنين. ثم، قبل حوالى ٢٥٠ مليون سنة، حصل انقراض جماعى للأنواع. ثم عادت الحياة، وبعد أن مرت ببعض الانحسارات، عادت أخيرًا من جديد. وآخر حادث كبير، هو الحد الشهير بين الحوّارى – الثالثى.

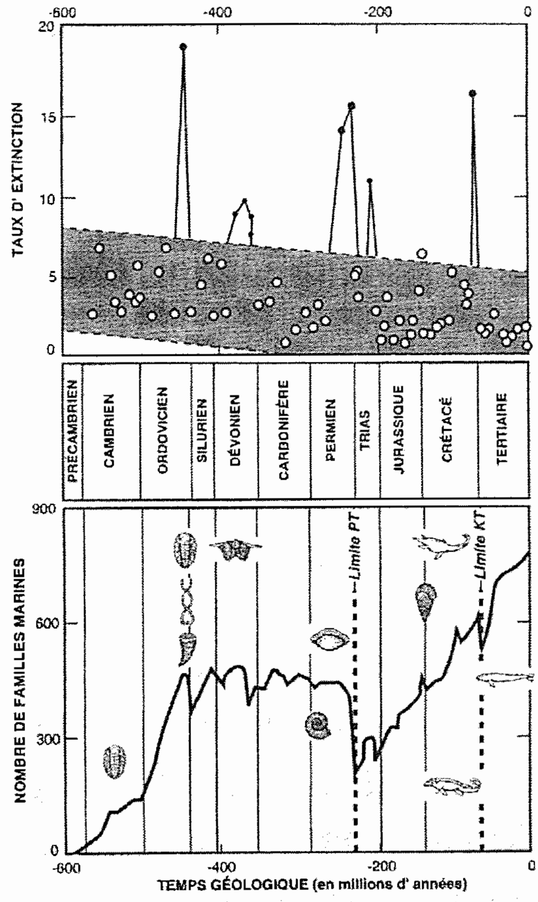
وعند كارثةٍ مماثلة، فليست فقط هناك أنواع تختفى كليًّا، أى أن كل أفراد هذه الأنواع تموت، لكن حتى الأنواع التى تبقى على قيد الحياة يمكن أن تفقد أفرادًا عديدين. وعند الحد الفاصل بين الحقبتين الأولية والثانوية، قبل ٢٥٠ مليون سنة، فإنه على الأقل ٩٩% من كل الأفراد ومن كل الأنواع التى كانت تعيش على الأرض، قد اختفت. وهذا بالكاد قابل للتصور، سواء أكان ذلك بمفاهيم اختفاء كتلة حيوية أو بمفاهيم كارثة كوكبية.

هل نجد بالنسبة للكوارث الأخرى، و بشكل خاص، هذه الكارثة الكبيرة قبل ٢٥٠ مليون سنة، السيناريوهات نفسها كالتى حدثت خلال أزمة الكريتاسي–الثالثى؟ هل نجد آثار ارتطام نيازك، براكين، أو تراجعات بحرية كبيرة؟

فى كل أرجاء العالم، اهتمت فرق علمية عديدة، ليس فقط بالدراسة التفصيلية لمرحلة اختفاء الديناصورات، لكن أيضا بجميع الانقراضات الأخرى. وفى الوقت ذاته اهتم علماء الفيزياء الجيولوجية بالبحث عن أماكن أخرى غير الهند، يمكن أن نلاحظ فيها مثل هذه الانصبابات البركانية غير المألوفة.

ويوجد فى الواقع حوالى عشرة من هذه "القوالب" البركانية الكبيرة التى يقيس حجمها على الأقل مليون كيلومتر مكعب، موزعة على كامل سطح الأرض. وفى كل قالب منها، انصرف الباحثون إلى إجراء التحليلات ذاتها التى قمنا بها فى الهند؛ والنتيجة كانت أن معظم التشكلات البركانية تتطابق مع معظم الانقراضات الكبيرة. وبالأخص الكارثة الكبيرة التى حصلت قبل ٢٥٠ مليون سنة، فى نهاية الحقبة الأولية،

وتوافق تشكل بركاني عظيم، هو بوابات سيبيريا المعروف جيدًا من قبل الجيولـوجيين والاقتصاديين، نظرًا لاحتوائه على ثروات معدنية مهمة جدا، مرتبطة من جهة أخـرى بالنشاطات البركانية. وفى السؤال الذى طرحته بدايةً كعنوان لمساهمتى هـذه، "هـل تسيطر حركية الكرة الأرضية على تطور الأنواع؟" حاولت بشكل خـاص أن أُجيـب بالحديث عن تعبير البركانية على سطح الأرض. إن عمل الجيولوجى والجيوفيزيـائى، هو محاولة فهم أصل هذه الأشياء الهائلة التى هى البوابات الكبيرة.



الشكل (٣)

منحنى التطور خلال الزمن لعدد الأنواع البحرية المستحاثة.

ما الذى حدث داخل الأرض وتحت قشرتها، فى المعطف الأرضى، والـذى قاد لمثل هذه الأحداث؟ إن آخر مرة حصلت فيها مثل هذه الكوارث علـى سـطح الأرض كانت قبل ٣٠ مليون سنة. والبركانية الموافقة تشكل الآن الهـضبة العليـا الإثيوبية. هذه الهضبة البركانية تم بناء أديس أبابا عليها على ارتفاع ٢٠٠٠ متـر عن سطح البحر،(ونجد جزءًا منفصلاً عنها فى جنوب الجزيرة العربية فى اليمن)، هذه الهضبة هى بركان ضخم، تشكل قبل ٣٠ مليون سنة، ليس أثناء انقراض كبير للأنواع، لكن عند إحدى الأزمات المناخية الأساسية للحقبة الثالثية. وهذا يتطـابق، بشكل خاص، مع الظهور الحقيقى للانجمادات فى القطب الجنوبى. ويبدو أن هناك علاقة بين بركانية بوابات إثيوبيا، ونشوء هذا النظام البارد، الجليـدى بالخاصـة، الذى مازلنا فيه حتى الآن (مع أن هذا الوقت من تاريخنا هو مرحلة مريحة ما بين عصرين جليديين، أكثر مما هو مرحلة جليدية بكل معنى الكلمة).

وبعد فترة وجيزة من تشكّل بوابات إثيوبيا، اخترقها شرخٌ كبيـر. وبالتـالى هناك علاقة ملحوظة بين وصول هذه الفقاعات من الحمم الـسائلة إلـى الـسطح، واللحظات الكبيرة التى تمزقت فيها القارات على سطح الكوكب، والتى انفتحت فيها الأحواض المحيطية. وهكذا، فإن ولادة الأحواض الثلاثة الكبيرة (شـمال، وسـط، جنوب) للمحيط الأطلسى تتوافق مع ظهور ثلاث نقاط حارة وتلازمها مـع نـشوء ثلاث بوابات كبيرة (غرونلاند الشمالية فى الجزر الأنغلوايرلندية، الـسواحل فـى شرق أميركا والمغرب، حوض بارانا Parana فى أميركا الجنوبية وحوض إيتنديكا Etendeka فى إفريقيا).

وبصفتى جيوفيزيائى، أطبّق طرق الفيزياء لدراسة الأرض، محـاولاً فهـم حركيتها الداخلية. وأرغب بالتالى اصطحابكم برحلة صـعبة التخيـل: لأن إنتـاج صور واقعية عن باطن الأرض، حيث تسود حرارات مرتفعة، وكثافـات شـديدة، والظلام الدامس، ليس بالشيء السهل. ومن جهة أخرى، فإن الأفلام التى حاولـت أن تتناول رحلة إلى باطن الأرض، كانت معظم الوقت مخيبة للآمال. ومـع ذلـك

سنقوم برحلة بواسطة الفكر، لنغوص حتى عمق ٦٤٠٠ كيلومتر تحت سطح الأرض، أى حتى مركز الكرة الأرضية.

إن الحقل المغناطيسى يوجه إبرة البوصلة على سطح الأرض. وهناك كتلة صغيرة تمنع رأس الإبرة من الانحراف نحو الأسفل: فالحقل المغناطيسى الأرضى لا يكتفى بتوجيه الإبرة نحو الشمال، لكن يجعلها أيضا تنخفض، فى باريس مثلاً بـ ٦٤ درجة تحت الأفقية. وهناك علاقة رياضية بسيطة بين هبوط الحقل المغناطيسى وخط العرض الموجودين عليه. وهذه الخاصة هى التى تسمح بقياس انجراف القارات. عندما يكون الحقل الأحفورى فى صخرة مصدرها من الهند وصفيًّا لما يحدث فى خط عرض ٣٠ جنوبًا، بينما هذه الصخرة الآن موجودة على خط عرض ٣٠ إلى الشمال، أستنتج أن تحت-القارة قد قطع ٦٠ درجة من خطوط العرض، وهذا يعنى حوالى ٧٠٠٠ كيلومتر من الانجراف من الجنوب نحو الشمال. وهذه هى الطريقة التى نستعمل فيها المغنطة الأحفورية فى الصخور.

وفى وسط المحيطات يرد وبشكل دائم، عبر الشقوق التى ندعوها الظهريات، حممٌ تتبرد وتثبت هى أيضا اتجاه الحقل المغناطيسى الأرضى. وإذا حركنا فى عمق المحيطات، جهاز لقياس الحقل المغناطيسى، فسيُظهر تناوبات مغناطيسية فى اتجاه وآخر، تشهد على أن الحقل المغناطيسى للأرض لم يكن دومًا باتجاه الشمال. لقد انعكس الحقل المغناطيسى للأرض مئات المرات خلال تاريخها. وآخر مرة كانت قبل ٧٨٠٠٠٠ سنة. وضعفت شدة الحقل المغناطيسى فى أوروبا، منذ عصر الرومان، بمعامل ٢. ويتساءل البعض إذا كان الحقل المغناطيسى للأرض لن ينعكس بعد ٢٠٠٠ سنة. لكنه هو الذى يحمينا من الإشعاعات الكونية. هل تنقرض الأنواع عندما ينعكس الحقل؟

هذه الانقلابات المتتالية مرسومة على قاع المحيط، وبالإمكان تأريخها. واليوم ينعكس الحقل بشكل شائع، بمعدل بضع انعكاسات لكل مليون سنة. لكن الحقل لم ينعكس حوالى ٣٠ مليون سنة خلال الحقبة الحوارية (الكريتاسية).

إن اختلاف تواتر هذه الانقلابات غير منتظم، وهناك فترات طويلة تمر دون انقلاب تتناوب مع فترات أخرى أقل استقرارًا. يبدو أن هذا التناوب يتكـــرر كـــل ٢٠٠ مليون سنة. وآخر حقبة "ثابتة"، استمرت من -١٢٠ إلى -٨٠ مليون ســـنة؛ والسابقة من -٣٢٠ إلى -٢٦٠ مليون سنة. ومن المدهش أن نـــرى، أن بـــوابتين كبيرتين (الهند وسيبيريا)، واثنين من أكبر الانقراضات للأنواع التى حصلت، تلت مباشرة مراحل الهدوء المغناطيسى الكبير هذه. هل تُشارك نواة الأرض فى إطلاق هذه الكوارث الضخمة التى تقود إلى هذه الانقراضات الكُتلية؟.

إن نواة الأرض من الحديد السائل، والتى تصنع الحقل المغناطيـــسى، لهـــا حركيتها الخاصة؛ فهل هى مقترنة بطريقة معينة، عبـــر المعطـــف، مـــع ســـطح الأرض؟ وكيف لمثل هذا الاقتران أن يكون ممكنًا؟

إن علماء الزلازل، الذين يسجلون بشكل مستمر الهزات على سطح الأرض والذين يستعملون موجات هذه الهزات الأرضية من أجل سبر باطن الأرض كما لو أنهم يستخدمون الأشعة السينية، قادرين على إنجاز تصوير طبقى للمعطف. وهـــذا المعطف ليس كما كنا نظن متجانسًا، لكنه مشكل من كتل كبيـــرة غيـــر واضـــحة المعالم، أثقل وأبرد، هى غالبًا قطع من الصفيحات من صخور القشرة الأرضية، تم إعادة حقنها إلى داخل الأرض. وكان معلومًا منذ زمن طويل، أن هذه الـــصفيحات تستطيع أن تهبط حتى عمق ٧٠٠ كيلومتر؛ وتبين أنها قادرة فى الواقع أن تغوص حتى قاعدة المعطف، أن تتكدس على شكل مقابر حقيقية: مقابر مـــن الـــصفيحات المحيطية على عمق ٢٩٠٠ كيلومتر تحت أقدامنا. وهذه الكتلـــة الهائلـــة البـــاردة والثقيلة تأتى وتتموضع على سطح النواة، التى يتشكل فيها الحقل المغناطيسى.

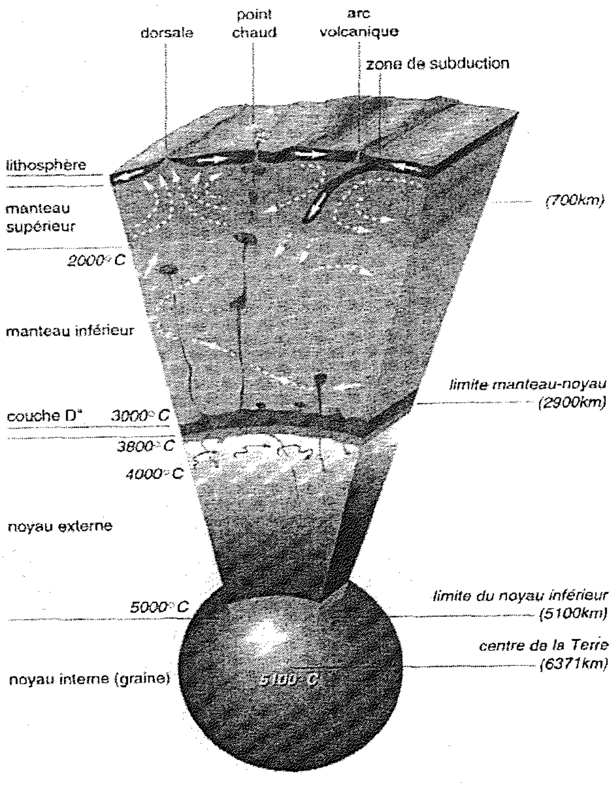
الأرض شىء آخذٌ فى التبرد؛ والطريقة العادية فى التبـــرد، هـــى الحمـــل الحرارى لمجمل المعطف، المترافق بانجراف القارات: تـــشكُل القـــشرة، الـــدفق الحرارى، الهزات الأرضية، الاندفاعات البركانية ما هى إلاّ التعبيـــر عـــن هـــذا التبرّد. ظاهريًا، لا يفلح هذا النظام هكذا بالتخلص من الحرارة بطريقة فعالـــة بمـــا

فيه الكفاية. لذا من حين لآخر تقود طريقة أخرى من الحمل الحرارى للمادة إلى تشكل عدم استقرار هائل سيحمل معه بسرعة جزءًا مهمًا من المادة، ومعها كمية كبيرة من الحرارة، حتى السطح.

إن النواة تحاول التخلص من حرارتها وهناك عازل يمنعها من ذلك. إن المكونات المتباينة للمعطف السفلى ترتفع عندها حرارتها، فيخف وزنها، وتصبح من حين لآخر غير مستقرة، وتصعد إلى السطح. ولسوء الحظ فإن علم الزلازل لا يسمح لنا بعد برؤية حالات عدم الاستقرار هذه. الشكل ٤ يمثل مقطعًا لداخل الكرة الأرضية. نشاهد عند قاعدة المعطف اختلال التوازن المشكل من مواد خفيفة التي يمكن أن تصل إلى السطح مطلقةً اندفاعات البوابات ومسببةً تلك الانقراضات الشهيرة. وبالتالى تشكل كل المنظومة "الأرض" مجموعة كبيرة مقترنة، وتكون مؤلفة من المعطف، هبوط الصفيحات الباردة، صعود عدم التوازن الحار، بركانية كارثية وتطور الأنواع البيولوجية.

وإذا كنا عاجزين عن رؤية باطن الأرض، فنحن قادرون اليوم، على تجسيمه إما رقميًا بواسطة الحواسب، أو عن طريق تجارب تماثلية فى المخبر. فنقوم بخلط سوائل تسمح بتقليد، على شكل مصغر، ماذا يحصل فى باطن الأرض. فنلاحظ فى ظروف معينة، أن سائلاً خفيفًا وبالتالى غير مستقر، عندما يوضع أسفل سائل كثيف يولد حالات من عدم الاستقرار على شكل فطر مع رأس ضخم وساق طويلة ونحيلة (الشكل ٤). وإذا تخيلنا أن صفيحة، الهند مثلاً، تطفو على منطقة من عدم الاستقرار مثل هذه، فإن الفقاعة عندما ستصل إلى السطح ستشكل بوابة. لكن عندما ستتفرغ الفقاعة فإن الصفيحة التى انجرفت ستجد نفسها فوق ساق هذا الفطر، الذى سيستمر بثقب سطحها كالحملاج (chalumeau) لكن بشدة وحجم أضعف بكثير. وهذا ما نلاحظه فى المحيط الهندى (شكل ٥): الهند، "بوابات ديكان" بالأسود، والتى عمرها ٦٥ مليون سنة، ثم باللون الرمادى أرخبيلات الجزر التى أحيانًا تظهر، وأحيانًا أخرى تقبع تحت الماء، جزر شاغوس Chagos، لاكاديف Laccadives، المالديف Maldives. وعندما ننتقل من الشمال نحو

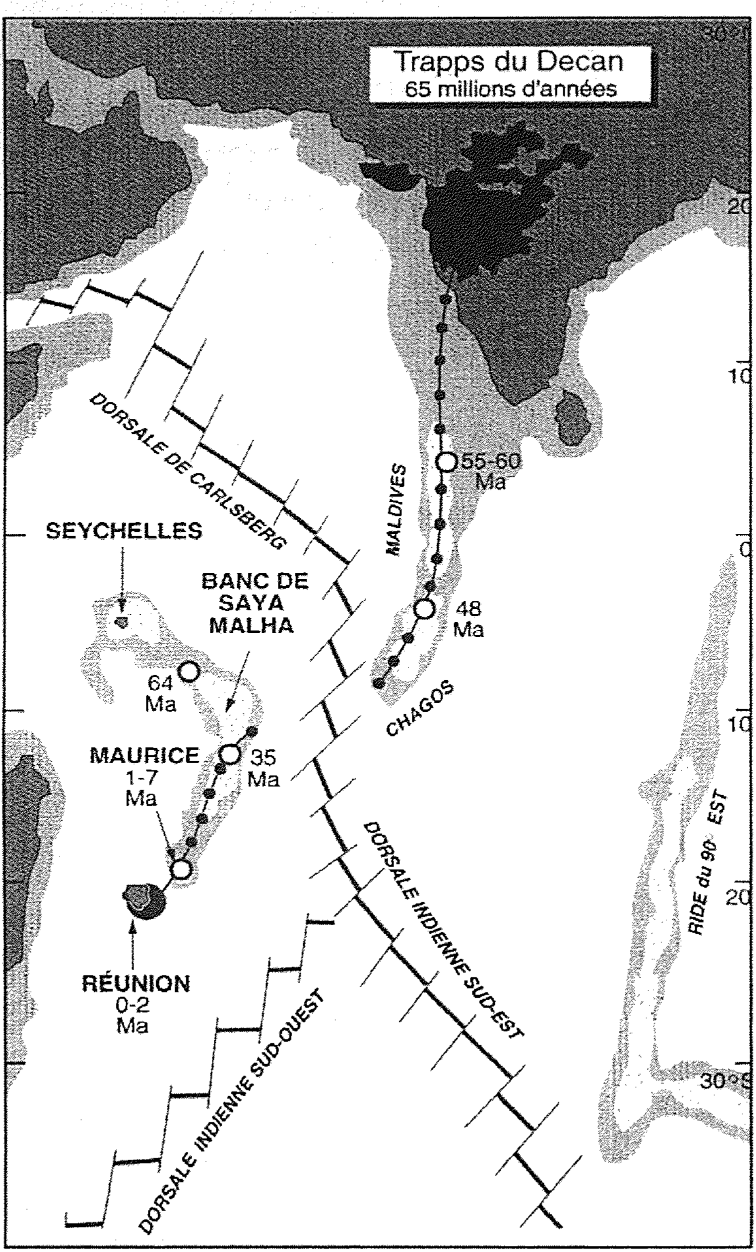
الجنوب فإن تاريخ هذه الجزر يعود إلى ٦٠ مليون ثم ٥٥ مليون ثم ٤٨، ٣٥، ٧، مليون سنة فى جزيرة موريس Maurice؛ أما جزيــرة رينيــون Réunion، فقــد تشكلت منذ ٢ مليون سنة. هذه الأرخبيلات تشكل بكل بساطة أثر الحــرق الــذى تركه ذنب الفقاعة التى بانطلاقها خلقت "بوابات ديكان". فنحن نجد إذًا على ســطح الأرض، قصة صعود أتى على الأرجح من عمق يقارب ٣٠٠٠ كيلومتر من داخل المعطف. لقد انطلقنا من مشاهدات على أرض الواقع لتركيب نموذج، ثم اســتفدنا من هذا النموذج للحصول على تنبوءات أثبتتها العودة إلى المراقبة.



الشكل (٤)

مقطع ترسيمى لباطن الأرض.

بماذا يمكن لمعرفة الماضى أن تخدم فى فهم أفضل للمستقبلات الممكنة؟ يتعلم الجيولوجيون الشباب غالبًا كيف يستعملون الحاضر لفهم الماضى، ويستعمل هذا المنهاج منذ أكثر من ١٥٠ سنة. ولكننا خلال تاريخ البشرية، لم نصنف كل احتمالات تاريخ الأرض، بكافة أشكالها وبكافة سعتها. إن نوعنا البشرى لم يكن موجودًا منذ فترة طويلة، حتى نكون متأكدين من أننا صنفنا (أو تعرضنا) لكافة الظواهر الطبيعية فى أقصى شداتها. وعند آخر اندفاع كبير لبوابة، منذ ٣٠ مليون سنة، لم يكن الجنس البشرى موجودًا بعد. ومنذ ٣٠ مليون سنة، لم تعرف الأرض حدثًا بالسعة ذاتها. ونحن لا نعرف متى ستحدث الثورة القادمة، بعد بضع ملايين أو بضع عشرات الملايين من السنين، وإن كان ذلك شبه أكيد. ونقول من جهة ثانية، إن الجنس البشرى يقوم بالتحضير للكارثة البيئية القادمة، أو ربما أن الانقراض السادس الكبير قد بدأ، أو (وهذا ليس فقط اعتبارًا من قرن الصناعة، لكن منذ آخر حقبة جليدية) أن البشر، وهم يصيدون الثدييات الكبيرة، قد قضوا عليها، وأنهم اليوم يقضون على أنواع عديدة حتى قبل أن تتاح لنا الفرصة للتعرف عليها، وأنهم يستغلون أسرع من اللازم الغابة الاستوائية... كيف يمكن وضع نموذج لمستقبل كوكبنا بمواجهة هذه "الاعتداءات"؟ يقدّم الجيولوجيون السيناريوهات الماضية للكوارث التى أثناءها استطاعت الطبيعة أن تولد أحداثًا ربما، كانت بالسعة نفسها لما يحاول الإنسان أن يجعل كوكبه يعانيه. ويقدمون أيضا لعلماء المناخ وسائل اختبار نماذجهم، التى بالطبع ليست دقيقة مطلقًا، مستندين على طريقة التنبؤ الرجعى بالنسبة لحالات جرت فعليا، وعلى بضع لحظات تم خلالها إعادة توجيه تطور الحياة على الأرض بشكل كامل ونهائى عبر الانتفاضات الكبيرة للنظم الداخلية للكوكب.



شكل (٥) بوابات ديكان

المناخات والمشاهد الطبيعية فى عصر ما قبل التاريخ[(٨)]

بقلم: سيلفى جوسوم
Sylvie JOUSSAUME

ترجمة: د. سامر اللاذقانى

شهد المناخ تغيرات كبيرة خلال المليون سنة الأخيرة، وغدونا ندرك أكثر خصائصه وآلياته بفضل التطور الحديث لأبحاث علم مناخ العهد الجيولوجى القديم، وقد وسمت هذه التغيرات تاريخ الإنسان وربما لعبت دورًا مهمًّا فى تطوره.

مناخ متميز بتعاقب العصور الجليدية

غلب على جزء كبير من عصر ما قبل التاريخ تعاقب العهود الجليدية التى شكلت مشاهد اليوم، مخلفة وراءها آثارًا جيولوجية تشهد على وجودها. إذ نلاحظ على امتداد المساحات الشاسعة فى كندا والبلاد الاسكندنافية أخاديدًا محفورة على الصخر يدل اتجاهها على خط جريان الركام الجليدى (المجلدات) الذى كان يغطى هذه المناطق.وقد حفر ضغط هذه الكتلة الجليدية على الأرض وكذلك الحجارة التى جرفتها معها هذه الأخاديد على الصخر، وكان الضغط من القوة بحيث جعل الوديان الجليدية القديمة على شكل حوض. كما جرفت كتلاً ضخمة من الحجارة لمسافة مئات الكيلومترات من مكانها الأصلى وتركتها فى مكانها عند ذوبان الجليد، ودلّت هذه الصخور الضخمة على وجود العصور الجليدية.

فى عام ١٨٣٧ نشر السويسرى لويس آغاسيز Louis Agassiz فرضية انتقال هذه الكتل بواسطة الجليد فأطاح بالفكرة السائدة بأن هذه الحجارة كانت

---

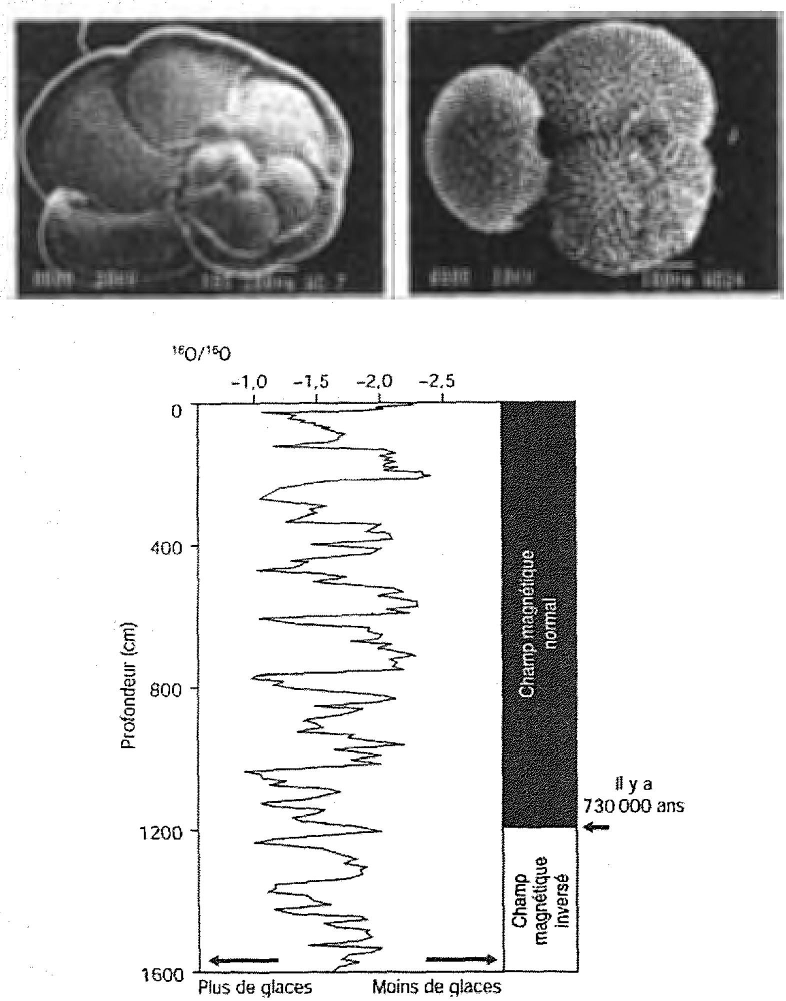
(٨) نص المحاضرة رقم ١٣ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٣ يناير ٢٠٠٠.

شاهدة على "الطوفان" الذى وصفته التوراة، وكلفه ذلك ٢٥ عامًا من الجدل قبل أن تحظى نظريته بالإجماع.

وحتى منتصف هذا القرن، حدد علماء الجيولوجيا أربعة عصور جليدية. غير أن كل عصر جليدى جديد تسبب فى جرف ركام ثلجى أزال أغلب المؤشرات الجيولوجية للعصر الجليدى الذى سبقه. ويجب انتظار منتصف القرن العشرين للتقدم فى معارفنا عن العصور الجليدية، وذلك بفضل دراسة تركيب الرواسب المتموضعة فى أعماق المحيطات.

مع مرور الزمن، ترسبت البقايا المعلقة بمياه المحيطات فى الأعماق البحرية وشكلت طبقات متعاقبة من الرسوبيات. وتم العثور فيها على العديد من هياكل لأحياء مجهرية بحرية (الشكل ١). وبالتنقيب فى المحيطات على عمق بضع عشرات من الأمتار تم أخذ عينات من طبقات الرسوبيات هذه حيث ظهرت هياكل كائنات حية كانت قد عاشت منذ آلاف بل ملايين السنين. وكلما ازدادت هذه المستحاثات عمقًا فى الترسبات، كلما كانت أقدم ودلّت بالتالى على عصر مناخى أبعد. وتعتبر المركّبات الكربونية التى تشكل هيكلها مفتاح معرفتنا بالعصور الجليدية، وبشكل خاص بسبب احتوائها على نظائر الأكسجين، الذى يتيح تحليلها تقدير التغييرات فى حجم القبب الجليدية.

والحقيقة أنه توجد فى الطبيعة عدة أنواع من ذرات الأكسجين، تدعى نظائر الأكسجين. ويعتبر الأكسجين ذو الكتلة الذرية ١٦ الأكثر شيوعًا، إلا أن الذرات ذات الكتلة الذرية ١٨ موجودة أيضا، وهى نظير ثابت من الأكسجين حيث تضم نواته ٢ نوترون إضافيين. غير أن نسبة ذرات الأكسجين ١٨ إلى ذرات الأكسجين ١٦ التى يحتويها كلس القوقعة المستحاثة تتغير تبعًا للطبقة الرسوبية. ويستخدم علماء المناخ الجيولوجى القديم هذه التغيرات فى العلاقة بين نظائر الأكسجين ١٨/الأكسجين ١٦ كواسم للعصور الجليدية. وعندما يتراكم الجليد على القارات فهو يخزن الماء ضعيف الكثافة بالأكسجين ١٨ بسبب التقطير الذى يتعرض له الماء أثناء دورته فى الجو. وبالمقابل، يكون المحيط مشبعًا بالنظائر الثقيلة. مما يؤدى إلى زيادة نسبة نظائر الأكسجين الثقيلة فى الهياكل الكلسية للكائنات الحية المجهرية التى عاشت فى تلك العصور. وعلى النقيض من ذلك تتناقص هذه النسبة عند ذوبان الجليد.



شكل (١)

تميز المناخ فى المليون سنة الأخيرة بتتابع من التجلّدات كما تشهد بـذلك المستحاثات الكلسية التى تم العثور عليها فى قاع الترسبات (فى الأعلى) والتى تركيبها النظائرى يرسم تاريخ التغيرات فى حجم الجليد المتـراكم على القارات (الأسفل).

الشكل مأخوذ من المناخ من الأمس إلى اليوم-سيلفى جوسوم.

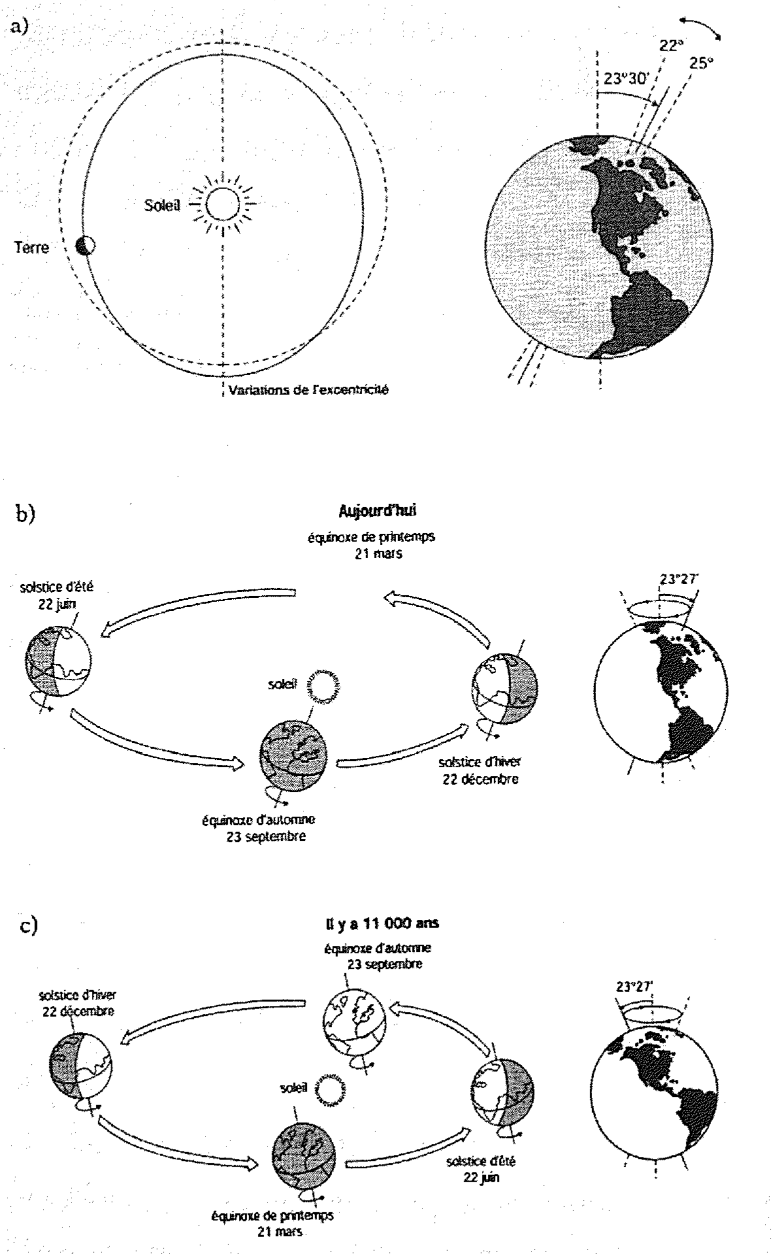
أتاح تحليل النظائر للترسبات البحرية توضيح تعاقب العـصور الجليديـة، وذلك بنظم وسطى مرة كل ١٠٠٠٠٠ سنة خلال المليون سنة الأخيرة (الشكل ١). كما يظهر التحليل تغلب العصور الجليدية على عصور تراكم الجليـد الـضعيف، والعصور الجليدية الدورية التى نشهدها فى يومنـا هـذا. كمـا تكـشف بيانـات الرسوبيات هذه عن مصادفة شبه كاملة بين تواتر العصور الجليديـة والتغيـرات البطيئة لحركة الأرض حول الشمس، التى أدت لظهور النظرية الفلكية للمناخ.

الفلك كمحرك للعصور الجليدية

قبل معرفة العمر الدقيق للعصور الجليدية المتعاقبة بفترة طويلـة، طُرحـت النظرية الفلكية للمناخ فى نهاية القرن الماضى. وقد قام بتطوير هذه النظرية العالم الرياضى الصربى ميلـوتين ميلانكـوفيتش Milutin Milankovitch منـذ عـام ١٩٢٤، حيث عرفت بنظرية ميلانكوفيتش، وتستند إلى حـساب التغيـرات عبـر القرون لتعرض مناطق مختلفة من الأرض للشمس، والناجمة لـيس عـن تغيـر الإشعاع الصادر عن الشمس، بل عن تطور حركة الأرض حول الشمس.

خلال سنة ترسم حركة الأرض شكل قطع ناقص حول الـشمس. ولـو لـم يوجد نجم آخر غير الشمس يمارس قوة جاذبية على الأرض، لبقيت هذه الحركـة كما هى على مر الزمن. لكن القمر والكواكب الأخرى فى النظام الشمسى تـشوش حركة الأرض.

تتأثر كافة المعايير المدارية التى تمتاز بها هذه الحركة (الشكل ٢). فـشكل القطع الناقص أولاً الذى يتميز بثابتة الانحراف عن المركز، يتغير من دائرة تامـة إلى قطع ناقص قليل التسطح خلال فترة تمتد من ١٠٠٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠٠ سـنة. وثانيًا يتأرجح انحراف محور الأرض بالنسبة لمستوى الخط المـدارى (مـستوى المدار الأرضى) بين ٢٢ درجة و ٢٥ درجة بشكل دورى كل ٤١٠٠٠ سنة. يعدل هذا التذبذب كمية التشمس التى تتلقاها الارتفاعات المختلفة حسب الفصول، وبشكل خاص مدة الليل القطبى فى الارتفاعات الأكثر علوًّا.



شكل (٢)

التغيرات البطيئة لحركة الأرض حول الشمس هى محرك التجلّدات:

أ- تغيرات شكل المدار الأرضى خلال فترة ١٠٠٠٠٠ و ٤٠٠٠٠٠ سنة، تذبذبات محور دوران الأرض بين ٢٢ و٢٥ درجة خلال فترة ٤١٠٠٠ سنة.

ب- دوران محور دوران الأرض من محور عمودى على مستوى دائرة البروج، مغيرًا مسافة الأرض- الشمس خلال الفصول.

ج- منذ ١١٠٠٠ سنة كانت الأرض تمر أقرب من الشمس عند الانقلاب الصيفى الجنوبى بينما حاليًا تمر الأرض أقرب فى الانقلاب الشتوى الجنوبى.

الشكل مأخوذ من المناخ من الأمس إلى اليوم- سيلفى جوسوم Sylvie Joussaume.

الحركة الثالثة، هى محور دوران الأرض التى تدور حول محور عمودى فى المستوى المدارى تحت تأثير جذب كل من الشمس والقمر. وينتقل موضع انقلاب الشمس الصيفى أو الشتوى واعتدال الربيع أو الخريف ببطء على طول المدار حسب أدوار هى ٢٣٠٠٠ و١٩٠٠٠ سنة، ومنها تسمية مبادرة الاعتدالين الربيعى أو الخريفى. ولكن نظرًا للشكل الإهليليجى للمدار الأرضى، فإن المسافة بين الأرض والشمس تتغير خلال السنة، وتتغير تبعًا لذلك الطاقة الواردة، حيث تتناقص كمية الإشعاع الشمسى الذى تتعرض له الأرض عندما تزداد المسافة. وفى وقتنا الراهن، فى النصف الشمالى من الأرض تكون المسافة فى حدودها الدنيا شتاءً وتبلغ ذروتها فى الصيف. ويحدث عكس ذلك فى النصف الجنوبى من الأرض. ونشهد اليوم اعتدالاً فى فصول الشتاء وبرودة فى فصول الصيف فى النصف الشمالى من الأرض، فى حين تزداد التناقضات الفصلية فى النصف الجنوبى من الأرض.

وعلى النقيض من ذلك، وقبل حوالى ١٠٠٠٠ سنة تقريبًا، مرّت الأرض من النقطة الأقرب للشمس فى المنقلب الصيفى فى نصف الأرض الشمالى وليس فى المنقلب الشتوى كما هو الحال فى أيامنا هذه. وبالتالى فإن نصف الكرة الشمالى يتلقى طاقة شمسية أكبر صيفًا وأقل شتاءً.

تعدّل هذه التغيرات فى حركة الأرض حول الشمس بشكل طفيف كمية الطاقة الشمسية التى تتلقاها الأرض فى كل فصل. وحسب ميلوتين ميلانكوفيتش، عندما يتناقص التشمس خلال الصيف على المرتفعات فى نصف الكرة الشمالى، لا تذوب الثلوج بشكل كامل فى الصيف وتبدأ بالتراكم، أضف لذلك أن الثلج يعكس بقوة أشعة الشمس مما يؤدى إلى زيادة البرودة ويسمح بانطلاق العصور الجليدية. وهكذا دخلنا للعصر الجليدى الأخير منذ ١١٠٠٠٠ سنة تقريبًا. وواجهت هذه النظرية جدلاً واسعًا لفترة طويلة من الزمن، ولم تتعزز إلا عام ١٩٧٦ عندما أصبح ممكنا تأريخ التسجيلات المناخية بشكل كاف.

مشاهد الطبيعة فى العصور الجليدية

أثناء العصر الجليدى تغير المناخ وشكّل مشاهد الطبيعة ما قبل التاريخ. ففى أوروبا تراجعت الغابات، وحلت السهوب محلها، فهيمنت عليها الأعشاب. ويبرهن على ذلك غبار الطلع الذى نشرته النباتات، والذى حفظته الرسوبيات على مدى آلاف السنين فى أعماق البحيرات والمستنقعات، وهى تتيح تحديد أنواع النباتات التى كانت تنمو فى محيطها دون أى التباس. إلا أن نمو النباتات يرتبط بشكل وثيق بالتوزع الفصلى لدرجات الحرارة والأمطار. وبالرجوع لنباتات الماضى يمكننا تقدير الشروط المناخية التى كانت سائدة فى ذلك العصر، شريطة وجود مثيل لهذا التوزع حاليًا يسمح بإنشاء علاقة بين المناخ ونوع النبات.

حدث تغير المشهد فى أوروبا منذ ٨٠٠٠٠ سنة، وبلغ ذروة عصر الجليد قبل ٢٠٠٠٠ سنة (الشكل ٣).وفى فرنسا قد تتشابه مشاهد الطبيعة مع تلك التى فى لابونيا Laponie الحالية، مع طقس أكثر برودة وحرارة أقل ١٠ إلى ١٥ درجة مئوية بالنسبة لأيامنا هذه، وربما أبرد شتاءً، مع مناخ أكثر جفافًا.

كانت هذه المناخات القاسية مناسبة للحيوانات العاشبة مثل الرنة والماموث، وتؤمن استمرار حياة يسيرة للصيادين وملتقطى الثمار فى عصور ما قبل التاريخ، مثل إنسان نياندرتال ثم الإنسان العاقل ويعتبر إنسان كرو مانيون أحد ممثليه (الشكل ٣).

عزلت العصور الجليدية هذه أوروبا عن باقى العالم: وربما ساعدت فى تطور إنسان نياندرتال، الذى كان مربوع القامة، ويشبه من حيث الشكل سكان الإسكيمو أكثر من غيرهم من الشعوب الحالية، وخاصة فيما يتعلق بالتناسب بين أطرافه وجذعه. وربما استطاع الإنسان القادم إلى أوروبا منذ أقل من مليون سنة، أن يتأقلم تدريجيًا مع الشروط المناخية الباردة لعصور الجليد المتعاقبة والذى قادنا إلى إنسان نياندرتال، الذى اكتُشف فى أوروبا منذ ١٣٠٠٠٠ سنة، بشكل بدائى. وقد انقرض منذ ٣٠٠٠٠ سنة، فى أوج العصر الجليدى الأخير لأسباب ما زالت مجهولة ولكن قد تكون مرتبطة بالمنافسة مع الإنسان العاقل فى شروط مناخية شديدة القسوة فى ذروة العصر الجليدى.



شكل (٣)

إن الشروط المناخية خلال الدورة المناخية الأخيرة كانت نقاط علام الإنسان الحديث فى كرو مانيون (صورة من مختبر علوم الإنسان، متحف الإنسان فى باريس).

وصل الإنسان الحديث إلى أوروبا متأخرًا. واجتاحها من الشرق إلـى الغـرب منذ ٤٥٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ سنة، فى حين وُجد فى الشرق الأوسط منـذ ٨٠٠٠٠ إلـى ١٠٠٠٠٠ سنة. وفى الوقت ذاته شهد المناخ ارتفاعًا مؤقتًا فـى درجـة الحـرارة، صاحبه تجدد نشاط غبار الطلع للأشجار، مما يكون قد سهّل قدوم الإنسان الحديث من الشرق الأوسط. وتطورت معه النشاطات الفنية. فازدانت جدران العديد من الكهـوف فى فرنسا وإسبانيا بالحفر والنحت والرسم. لقد رسم على نحو خاص الحيوانات مثـل الثيران البرية والماموث والأحصنة وكذلك البطريق والسنوريات أو وحيـد القـرن المكتشفة حديثًا فى كهوف كوسكيه و شـوفيه Cosquer & Chauvet فـى جنـوب فرنسا، إلا أنه لم يرسم الرنة إلا قليلاً والتى مع ذلك كان يستهلكها بشكل كبير.



شكل (٤)

رسـومات ملونة من مغـارة شـوفيه، الكائنـة فى فالـون بونـدارك فى الارديش، فرنسا. الاكتشاف الأخير، هـذه الرسـومات تعـود إلـى ٣٠٠٠٠ سنة. (وزارة الثقافة والاتصالات الإدارة الإقليمية للشئون الثقافية التابعة لإقليم رون آلب، قسم الآثار)

يرجع هذا الثراء الفنى "لحضارة الرنة" لأقل من ٣٠٠٠٠ سنة، كما يشهد على ذلك كهف شوفيه (الشكل ٤)، والذى آل إلى الزوال مع نهاية العصر الجليدى. وكذلك انقرضت فى ذلك العصر كافة الثدييات الكبيرة مثل الماموث ووحيد القرن ذى الفروة والميغاسيروس mégacéros لأسباب مازالت مجهولة.

انخفض مستوى البحر فى العصر الجليدى لـ ١٢٠ متر تقريبًا، فتغيرت بذلك حدود القارات ونشأت بينها ممرات. ومثال على ذلك كهف كوسكيه Cosquer، قرب مرسيليا، الذى كان مكشوفًا مما أتاح دخول الإنسان إليه، كذلك كان مضيق بيرينغ على اليابسة مما كان يسمح للإنسان والحيوانات بالعبور بين آسيا وأميركا.

كانت أميركا مسكونة منذ ١٥٠٠٠ سنة، وربما كانت مسكونة قبل ذلك أى منذ ٣٠٠٠٠ إلى ٤٠٠٠٠ سنة تبعًا للتأريخ الذى تم الحصول عليه فى أميركا الجنوبية، مما لا يدع مجالاً للشك فى وجود ممر عبر مضيق بيرينغ Béring، حيث إن انخفاض مستوى البحر ٤٠ متر يكفى لنشوء جسر طبيعى بين القارتين.

مناخ جليدى غير مستقر

ومع ذلك لا يمكن تخيل مناخ جليدى متماثل خلال عشرات آلاف السنين. فالدراسات التى جرت فى العشر سنوات الأخيرة من خلال الحفريات فى جليد غرونلاند، ومن خلال الرسوبيات البحرية فى المحيط الأطلسى الشمالى، تعطينا صورة عن مناخ جليدى شديد التغير فى درجات الحرارة. وفى جوهر هذه التحاليل، نجد دائمًا الأكسجين ١٨ حيث تتغير نسبته فى الجليد تبعًا لدرجة الحرارة. فكلما كان المناخ باردًا أكثر، كلما تعرض بخار الماء الآت من المحيطات للتكثف أثناء انتقاله من المناطق المدارية نحو خطوط العرض الأعلى، فاقدًا كل مرة النظائر الثقيلة. وكل ٧٠٠٠ سنة إلى ١٠٠٠٠ سنة يسجل جليد غرونلند تسخينًا فجائيا يتراوح بين ٧ إلى ١٠ درجات خلال عشرات السنين. وقبل ذلك عندما كانت تبلغ البرودة أوجها

كانت رسوبيات الأطلسى الشمالى تشهد قدوم كثيف للجبال الجليدية من الكتل الثلجية من لورانتيد Laurentide. اكتشف هارتموت هـاينريش Hartmut Heinrich عـام ١٩٨٨، هذه الأحداث، والتى تجسدت بتغير جذرى فى تركيب الترسب الذى حلّـت فيه البقايا الصخرية محل الهياكل الكلسية للحيوانات المعلقة بالماء التى تتشكل منهـا الترسبات. أظهر جليد غرونلند بأن مثل هذا التسخين يحدث كل ١٥٠٠ إلـى ٢٠٠٠ سنة ولكن بشكل أخفّ. هذه الأحداث المـسماة "دانـسغارد أوشـغر" Dansgaard-Oeschger على اسم العالمين الذين وضعاها، تبدو مرتبطة بتقصف الجبال الجليديـة ولكن من ركام الجليد الإسكندنافى، وما زالت الآليات التى تولد هـذا التعاقـب فـى التغيرات السريعة فى المناخ فى الأطلسى الشمالى عصية على الفهـم. وفـى هـذه الحالة لا يمكن اتهام تغيرات التشمس، ونواجه تفاعلية معقدة بين الطقس والمحيطات والركام الجليدى. ويبدو أن القدوم الكثيف لجبال الجليد يكبح، أو على الأقل يضعف، الجريان المحيطى وبخاصة الغولف ستريم Gulf stream. وإذا ما انطلق من جديـد فإنه قد يجر معه فجأة نحو خطوط العرض الـشمالية كميـة هائلـة مـن الحـرارة المخزونة فى المناطق المدارية.

ماذا كانت انعكاسات هذه الأحداث على المناخ فى أوروبا وعلى حياة إنسان ما قبل التاريخ؟ دلّ غبار الطلع على تغيرات فى المناخ، ولكن العلاقة مع أحـداث هنريش ودانسغارد أوشغر مازالت بحاجة إلى إيضاح. ترجع مثلاً رسـوم كهـف لاسكو Lascaux لـ ١٧٠٠٠ سنة أثناء اعتدال المناخ. فهل نجم هذا الاعتدال عن هذه الأحداث المفاجئة فى الأطلسى الشمالى، وهل كان لهذه الأحداث دور إيجـابى فى تطور الفن ؟ أسئلة كثيرة ومثيرة ما زالت بحاجة لأجوبة.

الهولوسينى، عصرنا بين عهدين جليديين

منذ ١٥٠٠٠ سنة بدأ انحسار الجليد وارتفاع مستوى البحار، ومنذ ١٠٠٠٠ سنة بدأ عصرنا بين عهدين جليديين، الهوليسينى holocène، الذى اتسم بظـروف مناخية أكثر استقرارًا من المناخ الجليدى، مما ساعد فى تطور الحضارات.

ومع ارتفاع درجة الحرارة، بدأت الغابات بالانتشار فى أوروبا من جديد. وفى هذا العصر تطورت الزراعة فى الشرق الوسط. وفى ظل مناخ ملائم للحبوب، بدأ الإنسان بتدجين غذائه، فزرع الحبوب البرية. أما فى أوروبا فقد تأخرت ثورة الحجرى الجديد بالظهور، وانطلقت تدريجيًّا من الشرق بين سنة ٨٠٠٠ و ٦٠٠٠ وحرضها البحث عن الغذاء الذى أصبح أكثر صعوبة للصيادين فى بيئة من الغابات.

وكانت التغيرات المناخية كبيرة جدا فى بداية العهد الهولوسينى فى شمال إفريقيا. وشهدت الصحارى عصرًا مطريًّا بين ٦٠٠٠ و ٨٠٠٠ سنة. وفى قلب الصحراء الحالية كانت تجرى الأنهار وكانت تعيش شعوب من الرحّل. ويشهد على ذلك العديد من الرسومات على الصخور، والهياكل العظمية للفيلة والزرافات وحتى فرس النهر، وكذلك الرسوبيات المتموضعة فى أعماق البحيرات التى جفت تمامًا اليوم (الشكل ٥).



شكل (٥)

فى قلب الصحراء نجد حاليًا تلالا كلسية تشكلت فى قاع البحيرات قبل ٦ إلى ٨٠٠٠ سنة حين كانت الصحراء تعيش مرحلة أكثر رطوبة (تصوير نيكول بوتى مير، المركز القومى للأبحاث العلمية)

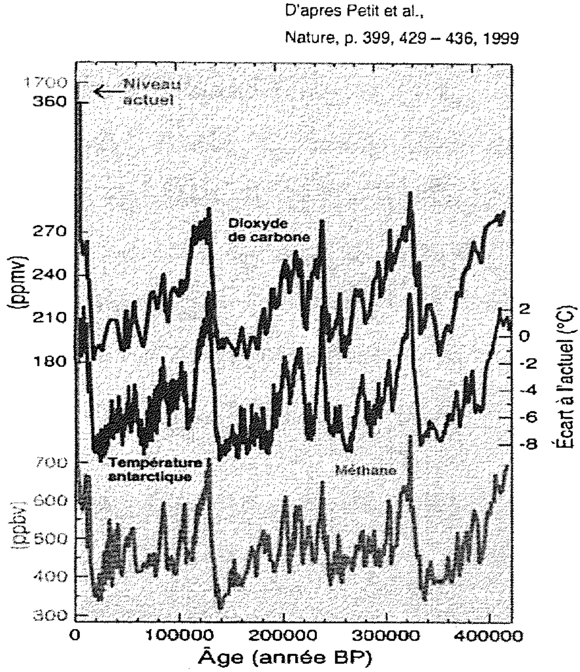
كانت هذه الحقبة الرطبة نتيجة مباشرة لتغيرات التشمس الناجمة عن التبدلات البطيئة لحركة الأرض حول الشمس، كما برهنت عليها نماذج المناخات. وهكذا، فإنه حسب مبادرة الاعتدالين الربيعي والخريفي كل ٢٠٠٠٠ سنة تقريبًا، تشتد الأمطار الموسمية في إفريقيا وكذلك في الهند. والواقع أنه بسبب ازدياد الطاقة الشمسية، تؤدي الفصول الصيفية الأكثر حرارة إلى تسرب الهواء البحري إلى القارات، مما يتيح هطول الأمطار في المناطق القاحلة حاليًا، مبرهنة إلى أي مدى يمكن للفلك أن يبدل من مناخنا. إلا أن الأمطار الشديدة توقفت فجأة منذ ٤٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ سنة. مما تسبب في عودة الصحراء التي دفعت بالسكان نحو مناطق أكثر اعتدالاً، كضفاف النيل.

الإنسان مؤثر جديد على المناخ

لئن كان للمناخات في الماضي دور في تطور الإنسان وفي طريقة عيشه، فقد بلغنا اليوم مرحلة جديدة. أصبح فيها الإنسان ذاته فاعلاً في تطور المناخ. وبسبب التزايد السكاني والتطور الاقتصادي، غيّر الإنسان تركيب الجو عن طريق حقنه بكميات من الغازات ذات تأثير الاحتباس الحراري على مستوى الكرة الأرضية بأكملها.

تعتبر هذه التغيرات أكبر وأقوى من التبدلات الطبيعية لهذه الغازات خلال الدورات الجليدية، إلا أنها تتميز اليوم بتواتر أسرع (الشكل ٦). والشاهد على ذلك فقاعات الهواء الموجودة في جليد القطب الجنوبي. إذ كلما تراكم الثلج وتحول إلى جليد، احتبس فقاعات هواء مجهرية، يتيح لنا تحليللها إمكانية تحديد تركيب الهواء في العصور الغابرة. وبهذا الصدد وفي قلب القطب الجنوبي، أتاح التنقيب لمحطة فوستوك الكشف عن ٤٠٠٠٠٠ سنة من تاريخ التغيرات الطبيعية لغاز الكربون CO_2 والميتان CH_4. وتدل هذه المحفوظات الجليدية على أن الغاز المسبب لتأثير الدفيئة والمناخ قد تغيرا خلال الدورات الجليدية وبين الجليدية. وليست التغيرات

فى الغاز ذى أثر الدفيئة سببًا فى العصور الجليدية بل نتيجة لها. إذ تزيد التبدلات التى يحدثها الفلك، ويعزز أثر الاحتباس الحرارى فى الحقبة الحارة ويخفف منها فى الحقبة الباردة.



شكل (٦)

جليد مأخوذ من محطة فوستوك فى القطب الجنوبى، وسمح بقياس التغيرات الطبيعية لغاز الكربون (CO_2) المنحنى العلوى والميتان (CH_4، المنحنى السفلى). وهذه التحولات تابعة لتغيرات الحرارة المقدرة اعتبارًا من نظائر الماء (المنحنى الأوسط). وأخيرًا ونتيجة للتزايد السكانى والتطور الصناعى، ساهم الإنسان فى تغيير تركيب محتوى هذه الغازات كما يشهد بذلك المستوى الذى وصلت إليه حاليًا (على اليسار).

(رسم جيروم شابيلا Jérôme Chappellaz,

CNRS مختبر علم المثالج فى جرنيوبل)

(تبعًا لبيتى Petit وآخرين، Nature, p. 399, 429-436, 1999)

وفى أيامنا هذه، ونتيجة للتزايد السكانى والتطور الصناعى، ساهم الإنسان فى تغيير تركيب الغلاف الجوى. وحقنه بكمية من غاز الكربون خلال ٢٠٠ سنة تجاوزت ما أنتجته الطبيعة خلال عدة آلاف من السنين. وكان تأثيره على غاز الميثان أكبر. وتُحدث هذه التغيرات فى تركيب الهواء أثرًا تسخينيًا إضافيًا، يؤدى، وفقًا للتنبؤات الحالية، لازدياد الحرارة. من المتوقع أن تزداد الحرارة ٢ درجة مئوية عام ٢١٠٠ على مستوى الكرة الأرضية برمتها. يمثل ذلك تغيرًا كبيرًا بالنسبة لتاريخ الأرض القديم، حيث تقدّر أن انخفاض الحرارة على مستوى الكوكب ككل كان وسطيًا خمس درجات فى ذروة العصر الجليدى الأخير. والخلاصة أنه قد يكون لهذا التسخين نتائج كبيرة على حياتنا وسيتسبب بانقلابات كبيرة.

المراجع:

Articles de vulgarisation

– BAR-YOSEF (O.) et BERBARD (V.), « Les hommes modernes au Moyen-Orient », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 102-108.
– CLOTTES (J.), « Les grottes peintes du paléolithique », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 126-132.
– HUBLIN (J.-J.), « Climat de l'Europe et origine des Neandertaliens », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 82-88.
– HUBLIN (J.-J.), « Derniers Neandertaliens et premiers Européens modernes », dossier sur les origines de l'humanité, *Pour la Science*, janvier 1999, p. 110-118.
– JOUSSAUME (S.) et GUIOT (J.), « Reconstruire les chauds et froids de l'Europe », *La Recherche*, juin 1999, p. 54-59.
– LABEYRIE (L.) et JOUZEL (J.), « Les soubresauts millénaires du climat », *La Recherche*, juin 1999, p. 60-61.

Ouvrages généraux

– DUPLESSY (J.-C.), *Quand l'océan se fâche, histoire naturelle du climat*, Odile Jacob, 1996.
– IMBRIE (J.) et IMBRIE (K.), *Ice Ages, Solving the Mystery*, Harvard University Press, 1979.
– JOUSSAUME (S.), *Climat, d'hier à demain*, CNRS Éditions, nouvelle édition 2000.
– LABEYRIE (J.), *L'Homme et le climat*, Points Sciences, 1993.
– LEROI-GOURHAN (A.), *Les Chasseurs de la préhistoire*, Métailié, 1992.
– *Les Premiers Hommes, des origines à 10 000 ans avant Jésus-Christ*, Bordas, 1993.
– LORIUS (C.), *Glaces de l'Antarctique, une mémoire, des passions*, Odile Jacob, 1991.
– MAGNY (M.), *Une histoire du climat*, Éd. Errance, 1995.
– *The Cambridge Encyclopedia of Archeology*, Cambridge University Press, 1980.

الباب الثالث

المرحلة الأولى للتفكير والنقد:
المعرفة والتقنية والأخلاق

الرياضيات والواقع[1]

بقلم: بيير كارتييه

Pierre CARTIER

ترجمة: د. أنور مغيث

فلنخاطر بإطلاق أطروحة تتعلق بموضوع الرياضيات، وهى ربما تفاجئ المتخصصين، وقد تفاجئ بدرجة أقل غير الرياضيين. ولقد كُتب الكثير عن معنى الرياضيات وأسسها وواقعها. ويبدو لى أن أحد موضوعات الرياضيات هو أولاً اكتشاف تماثلات وانتظامات حتى فى أكثر الأشكال بساطة: كأن نلاحظ، على سبيل المثال، أنه فى ثلاث حصوات أو فى ثلاث ورقات هناك دائمًا "الثلاثة" نفسها. ونحن نعرف، عن طريق دراسة المسار التاريخى، أن مفهومًا مجردًا، مثل مفهوم عدد "٣" قد استغرق زمنًا طويلاً حتى يتكون، من خلال عدد ما من الانتظامات المعيشة أو الملاحظة فى الطبيعة.

ولكن فى المقابل، أحد رهانات الرياضيات، وأحد منتجات هذا النشاط، هو خلق نظام وتماثلات جديدة نفرضها على العالم الذى يحيط بنا، من خلال نسخ التماثلات الطبيعية وإعادة تركيبها عليها. يكفى أن نلاحظ منظرًا طبيعيًّا بنظرة من الجو أو من قمر صناعى، كى نلاحظ أن أحد نتائج النشاط الإنسانى هو خلق تماثلات لا تكون حاضرة فى الطبيعة: طرق، بحيرات صناعية، زراعات كبرى، إلخ. فنحن نفرض، بصورة ما، على محيطنا الطبيعى نظامًا تعلمنا الكشف عنه فى الطبيعة.

---

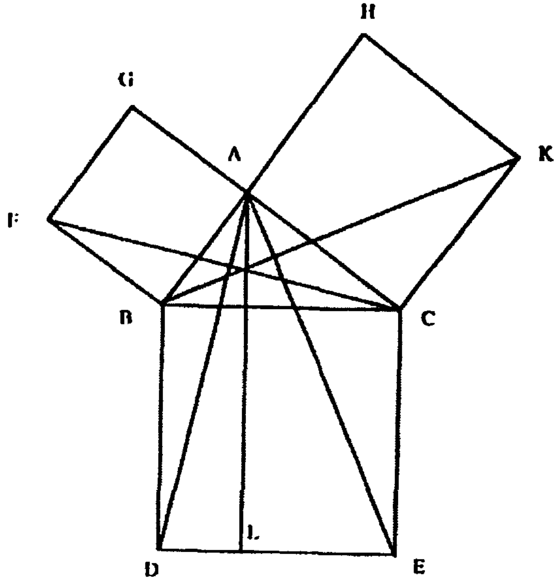
(١) نص المحاضرة رقم ١٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٤ يناير ٢٠٠٠.

سأحاول إذن أن أدرس هذه الدائرة من الفعل الارتجاعى rétroaction،

دائرة من الفعل الارتجاعى، بين واقع ما والرياضيات.

فالرياضيات فى حركتها الأولى يكون موضوعها هو تنقية وتقليد وتفسير الواقع. النظرية الرياضية صورة ذهنية. والأرقام الرياضية "١" و"٢" و"٣" ليست إلا تمثيلات على الورق أو على وسائط أخرى لفكرة مجردة هى صورة. هذه الصورة ليست نسخة خاضعة للواقع، كما أن الرسم ليس نسخة خاضعة للموضوع الذى يتم تمثيله، والأشكال الهندسية صور. وسوف أضرب مثلاً من طبعة حديثة لإقليدس Euclide: برهان نظرية فيثاغورث Pythagore من خلال رسم شكل، (شكل١). وهذا أمر يمكن أن يصل إلى مناطق جد بعيدة، وسوف أبين فيما بعد كيف أن الفيزياء المعاصرة تستخدم بشكل أوسع الأشكال الرمزية والتى تعد صورًا لمفاهيم مجردة.

وفى اتجاه عكسى، أى من الواقع إلى الرياضيات، هذا الواقع - على الأقل حينما نفرض عليه نظامًا رياضيًّا - يحقق الرياضيات ويحاكيها فى أبنية اصطناعية. فالساعة الفلكية، على سبيل المثال، هذا العمل الجميل الموروث من القرون الماضية الذى يمكن أن نُعجب به فى بعض الكنائس الكبرى، كما فى كاتدرائية ستراسبورج، لا تقدم لنا الحركة السماوية. إنها عمل اصطناعى وبناء اصطناعى، يعبر عن هذه العودة: فقد كشفت الملاحظة عن انتظامات كبرى فى حركة النجوم، وتتجسد النظرية الرياضية بدورها فى موضوع هو نسخة محاكية لما يجرى فى الواقع. وهذا ما يسميه الرياضيون "نموذج modèle".



شكل (١)

ويمكن لنا أن نرى مثالاً على هذا الفعل الارتجاعى للرياضيات نحو الموضوعات فى آلة حاسبة بدائية مثل عدّاد الصغار boulier. نحن فى الواقع مغلفون بالرياضيات. فهذا المبنى المخصص للفنون والمهن، وعمارة هذه المدينة، وكل ما يحيط بنا من بناءات اصطناعية، منتجة بقصد طبقًا لنظام رياضى، حتى وإن كان ضمنيًا بالنسبة للبانى.وأجهزة الحاسب الآلى هى التجسيد الأكثر جلاء لهذا الفعل الارتجاعى، لهذا الخلق للموضوعات ابتداء من التماثلات الرياضية التى تحاول أن تحاكيها أو تجسدها.

تمثل هذه الحركة المزدوجة التى يضخم فيها كل طرف، الرياضيات والواقع، من الآخر ويتابعه، أحد مصادر خصوبة الرياضيات.

فلنذكر فى التو، مشكلة كبرى - حتى نفرغ منها لأنها سوف تكون موضوعًا لمحاضرة أخرى وجدل آخر - وهى مشكلة مرتبطة بموضوعنا وتخص درجة واقعية الكيانات المثالية الرياضية. وجرت العادة على وضع أفلاطون Platon فى مواجهة أرسطو Aristote فى هذه النقطة. ونحن نطلق اسم

"أفلاطونية" على اعتقاد متبلور إلى حد ما، وساذج إلى حد ما فى الوجود الواقعى – فى هذا العالم أو فى غيره – للموضوعات الرياضية.

يعتقد بعض الرياضيين أن تسلسل الأعداد"١، ٢، ٣..." الذى لا ينتهى موجود فى مكان ما. فهم يرون أن موضوعات باللغة الاصطناع: مثل مجموعة الأعداد الأولية أو مجموعة "المجموعات المتناهية البسيطة" وغيرها من نفس الطراز، لها هى أيضا وجود مستقل عنا، متجسدة فى مكان ما فى عالم من أفكار موازية أو سابقة عن عالمنا. وكان جاليلى Galilé من أوائل من دافع عن مثل هذا الموقف عندما صرح بأن نظام العالم لا يمكن كتابته إلا فى لغة رياضية. وما أدهشنى دائمًا فى هذه المناقشات الحامية بين الرياضيين أو بين الفلاسفة المهتمين بالرياضيات، حول درجة واقعية الكيانات المثالية الرياضية، هو أنه لا يتم أبدًا ملاحظة التشابه مع الموسيقى. لقد كان موزار Mozart مقتنعًا بصدق أنه لا يفعل فى سيمفونياته سوى أن يعكس موسيقى سماوية، كما كان باخ Bach يعبر عن اعتقادات مشابهة. ومن عادتى أن أقول إن الملائكة تغنى بالتأكيد بالألمانية، أو ربما بلغة اليديش لدى البعض منهم. وعندما يقول موسيقار ذلك فإننا فى الغالب نبتسم، فنحن نعجب بموسيقاه ولكننا لا نأخذ ما يقول بالمعنى الحرفى. ولكن هناك عدد من الرياضيين يريدون إجبارنا على الاعتقاد بنفس الأمر فى الرياضيات. لن ألقى بنفسى، فى هذا الجدل رغبة منى فى أن أظل براجماتى.

ضروب الالتباس فى مصطلح "الواقع" مألوفة. وفى مقتطف من قائمة مراجع لمقال فى الفيزياء الرياضية ظهر مؤخرًا، تظهر كلمة "واقع" فى عنوان مقالين. وتستخدم بصورة بالغة الخداع. وفى مقال آلان كون Alain Connes نجد جملة "الهندسة غير التبادلية non comutative هى الواقع"، تعنى فى الحقيقة أن **النموذج** الرياضى الذى يقترحه، وهو الهندسة غير التبادلية، **يعبر عن الواقع**. وقد ابتدعها بالضبط لهذا الهدف: من أجل محاولة تقديم ما نطلق عليه "النموذج المعيارى للجزئيات الأولية" بصورة جديدة.

إن كلمة "واقع" فى عنوان هذين المقالين، ولكن بشكل خاص فى مقال مايكل أتيه Michael Atiyah، لها معنى مختلف تمامًا. ففى الرياضيات نميز الأعداد الواقعية عن الأعداد المركبة. ولكن هذا لا يعنى أن الأعداد الواقعية هى حقًا واقعية. إن الاعتقاد فى أن الأعداد الواقعية هى حقًا واقعية هو كالاعتقاد فى مادية لانهائية الكسور العشرية لعدد مثل π = ٣,١٤... إن الكيان المعرفى أو الوجودى لمثل هذا الاعتقاد هو على الأقل مثير للشك، كما يمكن لكل شخص أن يلاحظ. ومن جانب آخر، يمكن أن نعتقد أن الأعداد الخيالية أو المركبة "أقل واقعية" من الأعداد الواقعية. ولكن منذ حوالى قرنين حين شرح لنا جاوس Gauss وأرجان Argand أن الحسابات على الأعداد المركبة ليست سوى ترجمة رمزية مجدية وحاذقة للغاية لبراهين الهندسة المسطحة، ومنذ أن استخدم هذا المنهج بغزارة فى الكهرباء وفى مجالات عملية أخرى، أصبح من المستحيل الاعتقاد أن الأعداد الخيالية أكثر "خيالية" من الأعداد الواقعية.

فى الاستشهادات السابقة، يتعلق الأمر حقًا بمعرفة ما إذا كنا، فى بعض النظريات الفيزيائية، مثلاً فى حاجة إلى استخدام الأرقام المركبة فى الصورية الرياضية أو ما إذا كان بإمكاننا الاكتفاء، على الأقل من حيث المبدأ بالأعداد الواقعية. لا يتعلق الأمر بجدل فلسفى أو ميتافيزيقى ولكن بشروط صارمة للغاية يجب أن تترجم بصورة صريحة بواسطة صور بعض المعادلات التى يمكن لنا أن نختار فرض هذه الشروط عليها أو لا. وفى بلورة نموذج فيزيائى رياضى، يضيف تخفيض أو زيادة عدد المؤشرات، أو يحذف من الحرية فى النظرية، وينمى أو يقلل من مرونة تمثيل العالم.

وفى مجال آخر، نظمت منذ عدة أشهر ندوة علمية بعنوان: "الرياضيات والواقع" كان فيها مصطلح "واقعى" مأخوذًا بمعنى آخر، وهو المعنى الذى يقدمه المحللون النفسيون اللاكانيون(٢) – وقد شاركوا فى هذه الندوة – لهذا المصطلح ويقصدون به "واقعية ما" للظواهر النفسية و"واقعية ما" للذات.

---

(٢) Lacaniens نسبة إلى جاك لاكان المحلل النفسى الفرنسى الذى أعاد تفسير نظرية فرويد من منظور البنيوية اللغوية.

كلمة "واقعى" إذن ليست محل ثقة، وأفضل الحديث، ليس عن "الرياضيات وما هو واقعى" - وهو موضوع واسع أكثر من اللازم - ولكن عن الرياضيات والواقع؛ وهو موضوع واسع أيضا ولكنه يتمحور حول الأطروحة التى أعلنت عنها فى بداية الندوة.

قبل فحص مضمون الرياضيات نفسها ينبغى أن نتساءل عن من يصنع الرياضيات. فإن ما يميز الرياضيات عن علوم أو أنشطة إنسانية أخرى هى طبيعتها "الموضوعية" أو بالأحرى "ما بين الذاتية" intersubjectif. ليس لأننى أتبنى أطروحات الباحثين فى علم اجتماع العلوم الذين يرفضون موضوعية المفاهيم العلمية ويردون النشاط العلمى إلى نوع من المساومة السياسية المبتذلة، وإلى موازين قوى بين أفراد، وهو إفراط وقع فيه بعض تلاميذ توماس كون Thomas kuhn.(٣) ولكن الرياضيات مع ذلك تعد علمًا متخلصًا من الذاتية أكثر مما هو علم مكتسى بالطابع الموضوعى. وهذا يعنى أننا نجهد أنفسنا فى تقديم أو نقل المفاهيم كما خلقت بحيث يزول التأثر النفسى إلى أقصى حد.

على أقل تقدير، المثل الأعلى للتقديم الرياضى، هو القانون الهندسى الذى ورثناه عن إقليدس الذى يجهد نفسه فى استبعاد براهين رياضية زائدة عن الحاجة أو كل ما يتسم بالذاتية. إذا كان المشروع الرياضى هو مشروع بين ذوات، وإذا كان يجتهد فى بلورة مفاهيم وأفكار تفرض نفسها على الجميع بصرف النظر عن ذاتيتهم ويمكن تلقيها أيًا كانت الحالة الداخلية لانفعالات الذات، فهو أيضا عمل جماعى. كل جيل يقف على أكتاف العمالقة الذين سبقوه. والرياضيات، مثلها مثل باقى العلوم بل وحتى أكثر منها لأن تاريخها أطول وتستند إلى مكتسبات الأجيال السابقة. المراجعات الأساسية أقل وتيرة فى الرياضيات منها فى العلوم الأخرى، وهذا لا يعنى أنه لا يوجد تغيير فى وجهات النظر أو فى "النماذج الإرشادية

---

(٣) فيلسوف علوم أمريكى صاحب أطروحة تفسير بنية الثورات العلمية من خلال تغيير النموذج الإرشادى.

"Paradigmes" حسب تعبير توماس كون، ولكن مسار تطـور الرياضـيات هـو بالأحرى تراكمى ومتتام أكثر من كونه مسارًا يتقدم عبر ثورات. فكل فكـرة تـم تحصيلها فى لحظة ما تستمر فى البقاء؛ فحدث رياضى يظل حدثًا رياضيًا، حتـى وإن تغير نمط التعبير عنه على مدار التاريخ. الرياضيات نـشاط داخلـى جـدا، وبصورة أساسية بسبب هذا المثل الأعلى لنزع الذاتية. وكما حلـل لاكـان Lacan جيدًا فيما يخص جويس Joyce، وبعده تلميذ له فيما يخص جورج كانتور George Cantor، مؤسس نظرية المجموعات ensembles، يسمح الانغماس فـى النـشاط الرياضى بأخذ مسافة من الأنا، ويمكن أن يسمح فى بعض الحـالات أن ينحـى أو على الأقل أن يؤخر ظهور الذهان النفسى أو احتمالية الذهان. من جانب آخر، من المدهش ملاحظة أن فى الفترة الأكثر سوادًا فى مغامرة الاتحاد السوفييتى، كانـت المدرسة الرياضية السوفييتية غاية فى الازدهار. يبـدو أن الـشهادات المباشـرة المتاحة اليوم تشير إلى أنه فى مجتمع معاد وخطير لأقـصى حـد، فـإن النـشاط الرياضى، حين يتمكن من فرض نفسه بوصفه نشاطًا غيـر مهـدد مـن الناحيـة الاجتماعية كما هى حالته فى النظام السوفييتى، بل وأحيانًا قد يكون مفيدًا - لأنـه يمكن أن يساعد العلوم الأخرى ولاسيما المنظومة العسكرية الصناعية - هو ملجـأ للشخصيات الحساسة جدا والمفرطة فى استقلاليتها. على العكس إذا كان يـصعب اليوم الإبقاء على مدرسة علمية ذات شأن فى موسكو، فذلك لأن الظروف تغيـرت تمامًا.

وماذا عن ترجمة الأفكار فى اللغة الرياضية؟

تحتاج الأفكار الرياضية بالتأكيد كى تنتقل إلى لغة. ولكن تم بلا شك الإلحاح على الرياضيات بوصفها لغة مع التشديد كثيرًا على جانبها "الاصطلاحى". بـل إن بوانكاريه Poincaré نفسه، فى بداية القرن العشرين قـد طـور بـشدة فكـرة أن الرياضيات ليست سوى **نزعة اصطلاحية**. وكان الجدل يدور فى هذا الوقت حـول النقطة التالية: نحن نضع تعريفات لأنها مناسبة، ولكن هل هناك أساس مـن واقـع يكمن خلفها؟. والشكل الأكثر تطرفًا لفكرة أن الرياضيات لغة، هو الموقف **الشكلى**

الذى نربطه غالبًا باسم هلبرت Hilbert، والذى يهدف إلى بناء لغة متسقة مع نفسها دون الانشغال بالاتساق مع العالم الخارجى. وهنا يتعلق الأمر بالصيغة الأكثر تطرفًا من نزعة ذاتية الرياضيات التى ذكرناها سالفًا: إن الموقف الذى يختزل الرياضيات إلى مجرد لغة يمكن حتى أن يتخذ شفرة له فى تسلسلات من "٠" و"١" يمكننا التلاعب بها دون أى حرج نفسى.

بالتأكيد من المهم القول إن كل فكرة ينبغى أن تترجم فى لغة وأن وجود لغة هو ضرورى من أجل الاتصال. والحال أن النشاط الرياضى هو أيضا ميلاد لأشكال معقدة ينبغى الإشارة إليها. فى بداية تاريخ الرياضيات وجد الرياضيون الإغريق أنفسهم مضطرين إلى أن يسموا ما نطلق عليه "دائرة" أو "مكعب" إلخ. ولكن كان الأمر يتعلق بالنسبة لهم بكلمات "دارجة" فى حين أنها بالنسبة لنا مصطلحات "علمية". وكما أن الرياضيين يستعيرون من اللغة العلمية أو من اللغة الدارجة صيغًا لفظية معبرة ("برميل" على سبيل المثال كان الاسم الذى منح لشكل هندسى خاص). ولكننا قد لا نتوخى الحذر ونأخذ هذه التسميات حرفيًّا: تخيلوا أن"برميلاً" هو برميل حقيقى. والشاعر جاك روبو Jacque. Roubaud هو بلا شك أفضل من حلل لعبة المخدوعين هذه فى كتاب له بعنوان: "حكاية رياضية"؛ ويصف فيه شبابه الرياضى – فقد كان رياضيًّا قبل أن يكون شاعرًا – معاصرًا لموجة الرياضيات الكبيرة فى سنوات ١٩٦٠ والتى نقرنها عادة باسم بورباكى bourbaki. ويوجد داخل الشخصيات الواقعية تمامًا التى يصفها روبو شخصية الرياضى الدوجماطيقى الذى لا يؤمن سوى بالرياضيات وغير قادر على تحديد موقعه فى العالم المحيط، لكنه يعيش بكثافة، توهمات اللغة المعيارية axiomatique. وفى العالم الرياضى توجد بعض الشخصيات الغريبة من هذا النمط.

ولننتقل إلى جانب أكثر إيجابية عن العلاقات بين الرياضيات والواقع.

للرياضيات هذه الإمكانية الاستثنائية فى أن تستخدم بوعى وبصورة فعالة تخيلات. فأغلب الموضوعات التى نعالجها هى تخيلات. والرأى الشائع يقيم

منظومة الرياضيات، عبر سلسلة من الاختزالات، على قاعدة أساسية لا تكون تخيلاً، تتكون من الأعداد الواقعية ١، ٢، ٣... ولكن من يمكنه أن يتخيل عددًا يحمل مليار من مليارات من مليارات الأرقام؟ وهذا العدد لا معنى له بما أنه يحمل من الأرقام ما يصعب علينا عمليًا أن نكتبه. إنه تخيل. وهناك تخيلات كثيرة فى الرياضيات، وهى مفيدة جدا لأنها تسمح بالتحرر من الواقع، وبالسفر فى الخيال والمجرد والذى يسمح بعد ذلك بالعودة إلى ما هو عينى بصورة أبعد بكثير.

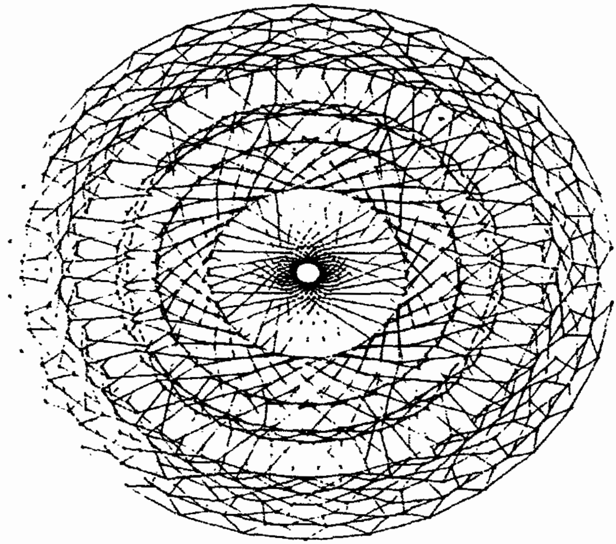
وبجانب التخيلات الرياضية توجد أدوات فعالة بصورة خارقة للعادة. وأحد أهداف الرياضيات هو استنتاج وتنظيم **معرفة عملية ذات طبيعة توفيقية:** عدٌ أكثر كفاءة من أجل أعداد أكبر. هذه الفكرة التى بمقتضاها تكون الرياضيات مخزنًا للأشكال هى فكرة أساسية. قلت بالفعل "معرفة عملية" وأضع "معرفة عملية" savoir fair فى مواجهة "معرفة" savoir. وما يميز المعرفة العملية عن المعرفة هو أن المعرفة العملية تنتقل بالكلمات والكتب والمداخل والدروس وأيضا، وقبل كل شىء بواسطة اليد. جيل شاتليه Gilles Châtelet الذى توفى مؤخرًا والذى كان قد استكشف هذه الفكرة فى كتاب مهم، كان يترجم هذا بواسطة فكرة "الإشارة geste" كان يقول إن الإبداع الرياضى هو أولاً إشارة. ولقد حلل ذلك جيدًا عندما درس حساب الموجهات calcul vectoriel فى القرن التاسع عشر، فى ارتباطه بالفيزياء فى هذا القرن، أى فيزياء الكهرباء والقوى. وهذا يُعدّ حدسًا عميقًا. فكون أن الرياضيات "معرفة عملية" يمنحها مظهرًا موضوعيًّا، ويمنحها هذا التحرر من الذاتية. واللغة يمكن تعلمها بالتقليد ويمكن نسخها، أو قراءتها ولكن ينبغى لها من حيث المبدأ أن تكون منفصلة عن كل انفعال.

أما المعرفة فهى بالأحرى الخطاب المُنظِّم حول "المعرفة العملية". المعرفة العلمية الرياضية هى ما يمكن لنا وضعه فى سجل أو فى قاموس. هناك صيغ رياضية، وجداول رقمية – وقد عفا عليها الزمن اليوم لأن الحاسبات الآلية تقدم لنا القيم بصورة فورية دون أن تكون بنا حاجة لطباعتها لتبقى للأبد – وهناك سجلات رياضية متعددة، وكتب فى الهندسة. هذه هنا وقائع أو معرفة علمية يمكن نقلها من

جيل إلى جيل، بالصورة نفسها التى ننقل بها فن بناء جدار مستقيم أو سقف لا يسقط، إلخ. (ترتبط العمارة والرياضيات ارتباطًا حميمًا مما يجعل المجاز غير مفتعل).

المعرفة هى، فى كل عصر، الخطاب الذى يحاول أن ينظم هذه المعرفة العملية وأن يبرز نقاط الارتباط بين الأجزاء المختلفة لها، وأن يصف شروط تطورها اللاحق. المعرفة هى إلى حد ما **الأيديولوجيا** القائمة حول المعرفة العملية، وللمعرفة العملية وجود ما مستقل: إذ تتجسد غالبًا فى الرياضيات من خلال **خلق الأشكال**.

وها هو شكل مستعار من كتاب فى الهندسة التقليدية لكوكستر Coxeter – رياضى كندى كبير يبلغ من العمر ٩٥ عامًا – وهو صفّاح polyèdre ذو أبعاد أربعة (شكل ٢) يصعب تمثيله فى مكاننا ذى الأبعاد الثلاثة، لأن بعدين فقط يمكن رؤيتهما فى الشكل. وإذا حللناه بالتفصيل، وجدناه موضوعًا غاية فى التعقيد والانسجام ويتسم بتماثل كبير؛ وما إن تم وصفه وتنفيذه فهو موجود. وعلى عكس ما نقول فى العادة، فإن الرياضيات ليست مجرد معادلات. فمخزون التمثيلات والإمكانيات الرياضية أكثر ثراء من مجرد مخزون المعادلات. الأشكال الهندسية تلعب دورًا مهمًّا للغاية، ولكن يمكن أن تكون واقعية أو رمزية: ويوجد فن كبير فى تنظيم حسابات معقدة بصورة مرئية تمثل الخطط الإجمالية organigrammes الخاصة بها صورة شائعة.



شكل (٢)

إن المعرفة العملية للرياضة تتمثل فى خلق أدوات ذات كفاءة. وهناك كمية كبيرة منها. ولنأخذ نموذجًا لذلك وهو عملية العد، وكل الأنظمة التى تتابعت خلال التاريخ. عبر القرون تجلى تقدم الإنسانية فى إمكان تمثيل الأعداد. وبالتالى إعداد النتائج والساعات... إلخ. ولكن هناك بعض موضوعات رياضية لها دلالة على نفس الدرجة من الأهمية. انظر هنا إلى أحد أول النماذج التى نطلق عليها فى الرياضيات "مصفوفة matrice" (شكل ٣) مأخوذ من كتاب عربى يرجع تاريخه إلى القرن الحادى عشر ويتعلق بالمربعات السحرية. يتعلق الأمر بلعبة نكتب فيها أرقامًا فى جدول والمصفوفة هى جدول من هذا النوع، ملئ بالأعداد. وهى أداة قديمة جدا لأن ألعاب الرياضيات كانت تؤدى إليها.



شكل (٣)

وفى العصر الحديث أصبحت "المصفوفات" أداة أساسية تمامًا، وأول شىء يتعلمه طالب العلوم عندما يتخرج من الثانوية العامة هو حساب المصفوفات. وعندما نرغب فى عمل تطبيقات للرياضيات على النمذجة الواقعية، بناء نموذج لقطار، لطائرة أو لصاروخ، إلخ، فإن الأداة الأساسية للحساب العددى هى تحليل المصفوفات. والحال أن ما هو مدهش هو أن المصفوفات التى أدخلها رياضيو القرن التاسع عشر بصورة غير مباشرة، تحت اسم "المحددات déterminants" قد أعيد اكتشافها ونشرها بواسطة الفيزياء فى سنوات ١٩٢٥-١٩٢٦ عندما تم إبداع ميكانيكا الكم. فلقد عد هايزنبرج Heisenberg المصفوفات موضوعًا أساسيًّا لنموذجه فى فيزياء الكم.

هذه المصفوفات موضوعات طبيعية جدًا. وترجمة المصفوفات فى الاقتصاد وهو ما نطلق عليه "نموذج ليونتيف modèle de leontiev" وهى شىء بسيط لدرجة أن أى محاسب أو شخص يخطط للإنتاج يستعمله بصورة ضمنية. ومع ذلك حتى سنوات ١٩٢٠ بقى موضوعًا مستغلقًا نسبيًّا. هناك بالتأكيد شكل مثالى للمصفوفة، لكنه يتجسد فى شىء ملموس تمامًا.

ويذهب الرياضى إلى ما هو أبعد من البداهة عندما يتخيل جدولاً مربعًا مليار فى مليار من الخانات التى يمكن التلاعب بها؛ ولا يستطيع فى هذه الحالة أن يقوم به بمساعدة الرؤية، مستخدمًا ورقة وقلمًا لكنه مضطر إلى استخدام الحاسب الآلى، الذى أختُرِع لهذا القصد بواسطة المهندسين حيث - وهو ما كان تخيلاً رياضيًا - تتجسد المصفوفة ذات مليارات ومليارات من الأعداد، فى موضوع هو نفسه ليس خيالاً.

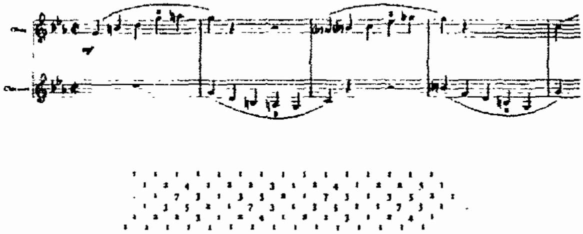
المصفوفة وتطورها اللاحق توضيح جيد لهذه الحركة المزدوجة ذهابًا وإيابًا بين الرياضيات والواقع.

يمكن لنا أن نستشهد بكثير من الأمثلة الأخرى: "التمثيل اللاجرانجى"(٤) (القائم على المتغيرات من حيث المبدأ) للميكانيكا، والذى يعد التمثيل الأكثر عمقًا، فكرة المشتقة dérivée وفكرة التكامل integral والتى أصبحت مفاهيم أساسية فى الاقتصاد والفيزياء، إلخ، وأيضا أشياء أخرى أكثر قدمًا مثل الصيغ الهندسية (حجم الدائرة، حجم الهرم) أو أيضا - وهو إبداع كبير للقرن التاسع عشر - حساب الموجهات. وما يظهر كل مرة أثناء هذه التطورات هو أننا بإزاء أدوات ذات استخدام متعدد. عندما بلور الرياضيون مفهومًا مثل "المصفوفة"، كان هذا المفهوم مرنًا لدرجة أننا أمام كل مشكلة جديدة يمكن لنا أن نحاول أن نعمل منها نموذجًا باستخدام مصفوفات. وكل الهندسة والكهرباء تستخدم بتوسع حساب الموجهات وتنوعاته العديدة. والتوافيق combinatoires هى أحد أكبر مكتسبات القرن العشرين. وسوف أقدم مثالين: من جانب، مقطع من السيمفونية الرابعة لأنطون بروكنر Anton Bruckner، والتى كان كوكستر مولعًا بها (شكل ٤)، ومن جانب آخر جدول أعداد. ويمكن للرياضى أن يخلق أشكالاً تكون مكافئة تمامًا للأشكال الموسيقية. أحد موضوعات الإبداع الرياضى، هو خلق أشكال مكافئة للأشكال الموسيقية لا تشير إلا إلى هذه الأشكال الموسيقية لا أكثر ولا أقل. فى حين أن كل شخص يؤمن بأن الأشكال الموسيقية جعلت لإثارة الانفعال، لا يترك البعض أحدًا يطرح نفس السؤال عندما يتعلق

---

(٤) نسبة إلى العالم الفرنسى لاجرانج Lagrange.

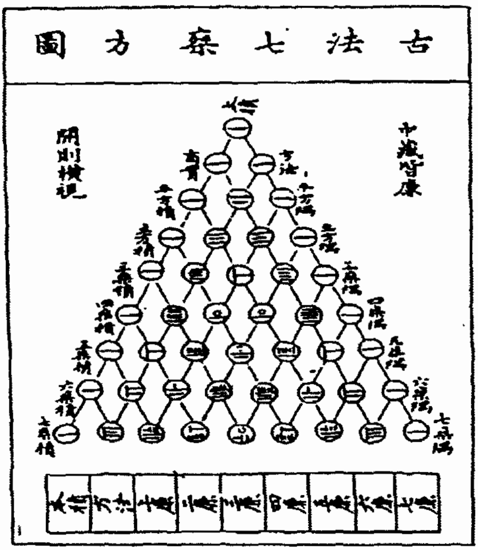
بالأشكال الرياضية. ومن وجهة نظرنا، أنه بقدر ما يتم تكـوّن الرياضـيات بـصورة مستقلة عن أى حساسية، وكل تأثر، وبقدر ما أن يوجد الموضـوع الرياضـى حتـى يكون له جماله الخاص والذى يرمز إليه الصفّاح ذو الأبعاد الأربعة.



شكل (٤)

السيمفونية الرابعة لبروكنر، سطور ١٣١-٤

إن ما نطلق عليه فى فرنـسا مثلـث بـسكال triangle de Pascal، هـو معاملات ذات حدين. يمكن أن نجد له طبعة صينية منـذ عـام ١٣٠٠ أى يرجـع تاريخها إلى ٣٥٠ سنة قبل بسكال (شكل ٥).



شكل (٥)

"مثلث بسكال" فى كتاب صينى لشو شى - كييه Chou Chi-Kié (١٣٠٣)[1].

مثال ثان عن التوافيق مقتطف من كتاب مخصص للجزئيات الأولية هو ما نطلق عليه رسوم فاينمان Faynman البيانية وهو مثال نمطى على التمثيل الرمزى للتوافيق. وكل واحد من هذه الرسوم يمثل عملية يمكن أن تحدث بين الجزئيات الأولية. إنها شفرة ينبغى معرفتها وفهمها. تكمن أهمية اكتشاف فينمان فى أنه يمكننا من أن نتخيل أنه تمثيل للجزئيات رمزى بعض الشيء ولكنه واقعى إلى حد كبير. والنترونات التى تصطدم ببعضها البعض وترتد إلى بعضها البعض وفى نفس الوقت هى طريقة مكثفة جدا لتشفير عمليات حسابية معينة. والمتدربون على قراءة مثل هذا النوع من الرسوم البيانية يرون مباشرة كل الحساب الذى ينبغى القيام به أو الذى ينبغى أن نطلب من الحاسب الآلى القيام به. وهذه إحدى الخصائص المدهشة للرياضيات وهى إمكانية خلق أدوات ذات استخدام متعدد، كما قد يبدو أنها مجرد ألعاب.

ولا ننسى الجانب الجمالى فالجبر المسمى بالحديث الذى يبدأ بطرح مجموعات وحلقات ثم بعد ذلك الأجسام والمقاييس يحتوى على أشياء جميلة ومفاهيم نقية تمامًا، وتعريفات جد بسيطة، وفعاليتها خارقة للعادة.

وموضوع الرياضيات هو اختراع نظام. وهناك الكثير من صور الانتظام والتماثل فى الطبيعة. أجملها بلا شك هو حركة النجوم. هذا المشهد الخاص بانتظام الحركة السماوية رائع، ويمكننا الاستمتاع به بشكل دائم. إنه الأول بين النظم الكبرى التى تم رصدها. ولكن ابتداء من اللحظة التى تم رصده فيها، بدأنا فى إعادة **فرضه** على العالم. الترقيم المتنامى للعلاقات الاجتماعية والتعامل المالى هى بالتأكيد نتاج هذه العودة من الرياضيات. وإذا كانت النماذج الرياضية المالية تعمل اليوم بصورة جيدة فذلك لأن قواعد اللعبة وضعت بصورة تجعلها تعمل جيدًا. ومع شبكة الإنترنت والبورصة اللتين تعملان بصورة دائمة على سطح الكرة الأرضية، تم تعديل قواعد اللعبة بصورة تجعلها تطيع نموذجًا رياضيًا معينًا، ويتفق الفاعلون الماليون على أن اللعبة تُلعب بعدد معين من القواعد.

أحد موضوعات الرياضيات أيضا هو شرح هذا النظام نفسه وضمان أدائه وفعاليته. وهذا يحيلنا إلى دور البراهين التى يسعى البعض إلى اختزال الرياضيات فيها. وفيما يخصنى فإننى أعتقد أن البراهين تلعب دورًا أساسيًّا - فلا رياضيات بلا برهان - ولكن البراهين تلعب دورًا يشبه إلى حد ما دور الضامن.

وأحد خصائص التفكير الرياضى هو العناد.

ابتداء من اللحظة التى سمحت فيها لنفسى بعمل شيء ما، يمكن أن أكرره، إلى ما لا نهاية، وأكثر أشكال التكرار بساطة هو توليد الأعداد: ١، ١+١=٢، ١+٢=٣..إلخ.، إن إمكانية التكرار مع الإصرار على نفس المسيرة أو نفس التفكير، وقد عبر عنها ديكارت بقوة، هى أساس التفكير الرياضى. ولكن هناك ثمنًا ينبغى دفعه: ينبغى أن نكون **متأكدين** أننا لن نصل إلى ضرب من ضروب العبث أو التناقض. لأن الرياضى لا يريد أن يعلن سوى حقائق مؤكدة. إذا كان تراكم نفس العملية، فيما وراء كل أفق يمكن التفكير فيه، يتكرر بصورة لا تنتهى، يؤدى إلى تناقضات، فسوف يكون أمرًا يستحق الرثاء. وكان عمل المناطقة هو محاولة البرهنة المسبقة على أن هذا لا يمكن أن يحدث، ولكن النجاح لم يكن كليًّا. لقد بدأنا اليوم نعى أن هذا الهوس بعدم التناقض بوصفه ضامنًا للدقة ليس بالضرورة شيئًا جيدًا.

عندما نكتب عقد تأمين، فإن ما نريده هو أن يؤمّن عقد التأمين فى حالات الكوارث، ونأمل ألا تأتى الكوارث غالبًا؛ ولكن نأمل أن يكون التأمين موجودًا لإزالة آثارها. إذا كان يمكن لنظام من التفكير الرياضى، من حيث المبدأ، أن يؤدى إلى تناقض، ولكن هذا التناقض معقد لدرجة أن لا أحد، لأسباب تتعلق بحدود فيزيائية، يستطيع أن يعرضه فإنه يكون **وكأنه غير موجود**.

وفى أيامنا هذه، نتجه تدريجيًّا نحو نظريات تتجاوز التماسك paraconsistantes، والتى لا نحاول فيها أن نبرهن أنه لن يوجد أبدًا تناقض، ونرى أنه يكفينا أن ندفعه إلى ما وراء كل أفق يمكن توقعه.

العالم الذى تنظمه الرياضيات هو إذن عالم نسعى فيه إلى تخفيض نصيب المصادفات. كل النظام النقدى، والضمان الاجتماعى، والذى هو رياضى بصورة بالغة فى تصميمه، قد **أُنشئ فعلاً لتخفيض المصادفات**. هناك مناطق واسعة من الرياضيات مخصصة بالفعل للتحكم فى المصادفات، وإظهار، إن كان ممكنًا، نظام خفى فى فوضى ظاهرة. واليوم توجد نظريات رياضية كثيرة، عرفت كل واحدة منها فترة من فترات المجد: الكسوريات fractales، الفوضى chaos، والترددات الموجية ondelettes الكوارثcatastrophes ، تدور حول نفس الفكرة. ونحاول، فى أشكال لم تأخذ حتى ذلك الوقت صورة رياضية، لأن تعقيدها بدا متحديًا للانتظام الرياضى، أن نجد فيها نظامًا خفيًّا ثم نعزله ونتحكم فيه. إن أحد المهام العظيمة للرياضيات هى محاولة تخفيض هذه المصادفات.

من منظور بناء النظام، يكون التطور التاريخى للرياضيات، وصلاحيتها النظرية أو العملية، ودرجة اليقين التى تنتجها وأساسها ووحدتها: كلها مشكلات تظهر فى صورة جديدة. وفى سنوات ١٩٠٠ حدث جدل كبير حول أسس الرياضيات ووحدتها، التى حاول البعض رؤيتها من خلال نظام منطقى. الرسالة الكبيرة لبورباكى والتى هى إنسكلوبيديا الرياضيات لسنوات ١٩٤٠-١٩٨٠ انطلقت من مسلمة منطقية وحاولت أن تبنى هرمًا يتم فيه توالد المفاهيم الرياضية المختلفة انطلاقًا من الأكثر تجريدًا أو الأكثر عمومية وهى نظرية المجموعات. وكل شىء كان عليه أن يتحدد ببناء هرمى شديد الدقة.

وأنا لست متأكدًا من أن هذه هى أفضل استعارة لتمثيل مجمل الرياضيات. إننى بالأحرى أنظر إلى الرياضيات فى صورة تشريح، كنظام حى، لا يوجد فيه مركز، ولكن شبكة، يتجاوب فيها أجزاء مختلفة كثيرة وتتفاعل. هذه الوحدة العضوية كانت ممكنة لأن نفس الأداوت الرياضية يمكن إعادة استخدامها فى تجسيدات عديدة.

وهناك يكون المظهر الخارق للعادة: فى إعادة استخدام الأدوات الرياضية، وفى الآلية التى تولدها. أفضل صورة ترمز للرياضيات، هى الحياة العضوية.

المرجع:

1- Collette (J. P.) *Histoire des mathématiques,* Vuibert.

التجربة فى العلوم
النماذج والمحاكاة(٥)

بقلم: دانييل باروشيا
Daniel PARROCHIA

ترجمة: د. أنور مغيث

التجربة expérience مشتقة من الفعل اللاتينى experiri، ويعنى يقوم بمحاولة وقد أدخل الفعل expérimenterإلى الفرنسية فى القرن التاسع عشر مع جان دى مون Jean de Meung من أصل لاتينى experimentare "محاولة"، وترجع إلى القرن الرابع عشر. وفى بداية القرن السادس عشر ظهر فى الفرنسية صفة "تجريبى" ولكن فكرة التجريب نفسها بقيت غائبة من القواميس حتى عام ١٨٢٤. ومع عام ١٨٦٥ بظهور كتاب "مدخل إلى دراسة الطب التجريبى" لكلود برنار Claude Bernard وجد اللجوء إلى التجربة كل امتداده فى اللحظة نفسها التى نحاول فيها بجهد أن ننقل المنهج المنتصر للعلوم الطبيعية فى مجال علوم الحياة.

فالتجربة، التى كانت غير موجودة فى الفكر الإغريقى القديم والتى قلل من شأنها ديكارت، هيمنت على العلوم ابتداء من نيوتن، وأصبحت فى عصر كلود برنار أحد العوامل التى لا يمكن الاستغناء عنها فى علوم الطبيعة والحياة.

لحظة الذروة هذه هى فى الوقت نفسه لحظة تحول. ففى فيزياء القرن التاسع عشر، أصبح تحديد الموضوعات العلمية يمر ببناء نماذج نظرية تسمح بتناول

---

(٥) نص المحاضرة رقم ١٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٥ يناير ٢٠٠٠.

حقول جديدة على نفس القواعد الصورية. واليوم تؤدى المحاكاة المعلوماتية للاختبارات التجريبية إلى فقدان التجربة لطابعها العينى ويبدو أنه قد تحددت إقامتها جزئيًا فى الإطار النظرى. ما هى إذن حدود هذا الوضع الجديد؟ هذا ما نحاول البحث عن تحديده.

القصور التجريبى للعلم من الفكر الإغريقى إلى العصر الكلاسيكى

فى الفكر الإغريقى وتحت تأثير أفلاطون، تم التقليل من شأن التجربة واختزالها إلى مجرد الملاحظة العرضية، والتى لا قيمة إثباتيه لها. وتميز محاورة ثيتيتوس Thééthète (فقرة ١٦٣) بعناية بين الإدراك والمعرفة. فالمعرفة تقوم على الذاكرة وتطلق آليات الاجترار التى قدمتها محاورة مينون Ménon فيما قبل على أنها مدعمة للعقلانية.

بل إن أرسطو نفسه لم يكن لديه لا فكرة عن نقد الإدراك الحسى العادى ولا الشعور بالأهمية التى يكتسبها بالنسبة للعلم وجود مقياس دقيق. وبالتأكيد، تبين رسائله فى علم الأحياء أنه كان يمارس تشريح الحيوانات. وكتابه الطبيعة (الجزء الثانى، الفصل الرابع) وكذلك كتابه رسالة فى السماء (الجزء الثانى ١٣ فقرة ٢٩٤) يحتويان على بعض التجارب ولكنها تبقى مع ذلك قليلة ومحدودة. كما يلاحظ جان مارى لوبلون Jean Marie Leblond: "لم يكن أرسطو يمتلك أدوات متقنة ودقيقة بما فيه الكفاية، من أجل أن يكون العمل فى المختبر مثمرًا بالنسبة له". و"ميله الواضح إلى ملاحظة الحس المشترك كان يبعده عن ذلك".

علينا إذن أن نلاحظ أن الفيلسوفين الكبيرين فى الفكر الإغريقى لم يعرفا فى الواقع لا منهج تجريبى ولا نماذج ولا عمليات محاكاة.

فى القرن السابع عشر ومن المنظور المعادى لأرسطو الخاص بديكارت تم الإقلال من قيمة ما هو حسى والإقرار بطريق الرياضيات الاستنباطية من أجل فيزياء كمية قائمة على العقل. فى كتاب ديكارت **رسالة عن العالم** وفى بداية كتابه

رسالة عن الإنسان تم تقديم هذا الاستنباط على أنه بناء لعالم خيالى مشابه للعالم الحقيقى يكون فيه البشر والأجسام والأشياء آلات أوتوماتيكية تحاكى البشر والأجسام والأشياء الواقعية. مع "حكاية العالم" هذه يبنى الفيلسوف عن الواقع إذن نموذجًا مصغرًا نظريًا maquette نوع من النموذج modelمن كلمة Modulus باللاتينية وتعنى قالبًا.

فى هذا المنظور الاستنباطى لا تلعب التجربة سوى دور جد محدود كما يشير إلى ذلك كتاب "**مقال عن المنهج**":

"إن ضرورة التجارب تتناسب طرديًا مع تقدم المعارف. فى البداية كانت التجارب تجرى بكثير من الحذر حتى أن ديكارت كان يحصرها فى الحدوس المباشرة ويرفض التجارب الأكثر تبلورًا، مقدمًا فى هذا الصدد تفسيرين: من جانب، استحالة أن يعزو لها سببًا عندما نجهل المبادئ الكبرى، ومن جانب آخر، السمة العرضية والمتغيرة للسياق التجريبى.

عندما تتقدم المعرفة تصبح التجربة بالتأكيد ضرورية ولكنها تقوم على وجه خاص بدور مساعد وتسمح أساسًا بإخفاء حدود النظرية المجردة. وأسباب هذه الوظيفة متعددة.

* السبب الأول مرتبط بالفجوة الكبيرة الموجودة بين قوة الاستنباط الرياضى، الذى يتعلق بالممكن ويحيط بغير المحدد (إن لم يكن باللانهائى)، والواقع المتناهى دائمًا والمحدود بالعالم الموجود. يكتب ديكارت "عندما أردت النزول [إلى الأشياء] الخاصة جدا ظهرت لى متنوعة لدرجة أننى لم أتصور أنه من الممكن للعقل الإنسانى أن يميز صور الأجسام أو أنواعها التى هى على الأرض لا نهاية لها عن صور أخرى كان يمكن أن تكون لو شاء الله لها أن توجد". من الناحية الموضوعية يفترض التمييز بين الواقعى والممكن إذن لجوءًا إلى التجارب. ولكن من الناحية الذاتية يفترض ربط هدف العلم بتحصيل السعادة أن نفضّل من بين الوقائع المستنتجة الممكنة تلك التى تكون مجدية بالنسبة لنا. والحال هذه فلكىْ نميز

بين الأشياء الممكنة، تلك التى، كما يقول ديكارت: "يمكن أن نقرنها باستخدامنا"، يجدر بنا "أن نقدم النتائج على الأسباب وأن نستفيد من كثير من التجارب الخاصة".

* السبب الثانى يجعل التجارب أكثر ضرورية كلما تقدمت المعرفة. التى تكمن، هذه المرة، فى الفجوة بين قدرة الطبيعة وبساطة المبادئ الموضوعة على رأس الاستنباط. يقول ديكارت: "ينبغى أيضا أن أعترف أن قوة الطبيعة كبيرة وممتدة وأن هذه المبادئ بسيطة جدا وعامة جدا لدرجة أننى لا ألاحظ أن أى أثر مهما كان خاصًّا لا أعرف من البدء أنه يمكن أن يكون مستنتجًا بصور شتى، والصعوبة الكبرى التى ألاقيها هى فى العادة أن أجد على أى صورة من هذه الصور يستند هذا الأثر". هنا التفسير تركيبى: فحين يكون عدد طرق الاستدلال الممكنة أكبر من عدد طرق الاستدلال الدقيقة فإن على التجارب أن تتدخل. فهى فى النهاية، بالنسبة لديكارت "المرسل" الذى يسمح بالانطلاق بين أزواج من الطرق الاستنباطية الممكنة والتى واحد فيها فقط واقعى. فى المحصلة تلعب التجربة دورًا ثلاثيًّا: سد الفجوة بين الممكن والواقعى: الفصل بين المجدى وغير المجدى وتبسيط شبكة الاستنباطات الممكنة فتضفى بذلك على السلسلة الاستنباطية نوعًا من "الاستقرار الانتقائى". النظرية المترددة والمتشعبة افتراضيًّا تصبح عندئذ مقتصرة على بعض الطرق الاستنباطية المفضلة.

هذه المنهجية من شأنها أن تقابل مشكلات كثيرة. موبيرتيوس Maupertius فى القرن التالى أثبت عدم ترتب النتائج بالضرورة (الأطروحة المستحيلة عن الدوامات) ولكن قوض نيوتن الصرح الديكارتى الذى اهتزت دعائمه أصلاً بسبب انتقادات ليبنتز Liebniz ومالبرانش Malebranche وهوجنز Huygens. علم مؤسس على وقائع مجربة وليس على مبادئ مجردة سوف يحل محل الاستنباط الديكارتى. ما الذى صار إليه إذن مفهوم التجربة بعد حدوث هذا المنعطف الكبير؟

منذ نهاية القرن السابع عشر، وتحت تأثير الفلسفة التجريبية للوك Locke الذى رد الاعتبار للحس وجعله شرطًا لكل أفكارنا، توقف التركيب الهندسى عن أن يكون المثال الأعلى لكل معرفة. وتركت صورة المعرفة النموذج الإرشادى الافتراضى الاستنباطى من أجل مسيرة تحليلية وتوليدية تجميعية وتوفيقية. وتعمل ميكانيكا نيوتن فى هذا السياق حيث لا يكون المهم هو اختلاق افتراضات وتكون الوقائع التى اتخذت صبغة رياضية هى صاحبة الأمر والنهى. ويعلن نيوتن، فى بداية الكتاب الثالث للمبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية، أربع قواعد تشكل، حتى آخر القرن التاسع عشر، المنهج التجريبى فى الفيزياء وتكشف هذه القواعد عن معارضة كاملة لديكارت:

– "أسباب ما هو طبيعى لا ينبغى إقرارها بعدد أكبر من الأسباب الحقيقية أو أكبر من تلك التى تكفى لتفسير ما هو طبيعى". لا ينبغى إذن أن يكون لدينا أسباب تفسيرية أكثر من اللازم. إنه نهاية تصور كان الممكن فيه أكثر قوة من الواقعى.

– ينبغى، فى المقام الثانى، "عزو نفس الأسباب لنفس النتائج الطبيعية التى من نفس النوع". بعبارة أخرى، استحالة رد نفس النتائج إلى سلاسل مسببة مختلفة. فالنظرية لا يمكنها ولا ينبغى لها أن تحتوى على تشعب.

– الأجسام التى تُجرى عليها التجارب تمثل مجموعة فرعية شاهدة وثابتة بشكل كاف من أجل أن تستخدم كأساس استقرائى: "خصائص الأجسام التى لا يمكن زيادتها ولا تخفيضها والتى تنتمى للأجسام التى يمكن إجراء تجارب عليها ينبغى أن نعدها خصائص لجميع الأجسام بشكل عام". ونيوتن، الذى يمد بذور تعاليم التجربة، بدأبه على الاستناد إلى الوقائع يرى مع ذلك، ألا يجب علينا أن نصوغ أحلامًا عكس مسار التجارب، أيًا كانت الظروف. ففيما يتعلق بالأجسام، فإن نيوتن يعوّل على مفهوم قوة القصور الذاتى بدلاً من مفهوم عدم التأثر الأكثر غموضًا.

القاعدة الرابعة تحدد المعنى التجريبى لمنهجيته: القضايا المتجمعة بواسطة الاستقراء ابتداء من الظواهر ينبغى عدها حقيقية طالما أن الفرضيات العكسية لا تمثل عائقًا بالنسبة لها، أو طالما أتت ظواهر أخرى تجعلها أكثر تحديدًا أو تحررها من الاستثناءات التى يمكن أن تتضمنها. وطالما أن الظواهر تسمح به. التجربة بوصفها ملاحظة وملاحظة مستثارة، أى بوصفها تجريبيًا، تصبح القاعدة الأسمى للفلسفة الطبيعية.

ما الذى أدى حينئذ بالعلم إلى توجيه المنهج التجريبى، من جديد، فى الاتجاهين اللذين سبق إليهما ديكارت: بناء النماذج وتنفيذ عمليات المحاكاة؟

فى بداية القرن التاسع عشر

الميكانيكا النيوتونية تنحو إلى التركيب وتصف من الآن فصاعدًا "أنظمة" فيزيائية

فكرة "النظام" دخلت إلى الفيزياء من خلال دراسة القوى والتوازن. ونظرًا لأن نظامًا فيزيائيًّا سوف يتم وصفه بنظام من المعادلات الرياضية، فإن فكرة النموذج تكون قد اقتربت. وفى تلك الفترة انفتحت الفيزياء، علاوة على ذلك، على محاولات جديدة غير ميكانيكية (إستاتيكا كهربية، ديناميكا حرارية، كهرومغناطيسية) والتى تستكشفها ابتداء من مناهج للعلم المعروف، أى الميكانيكا. وهكذا تصبح الميكانيكا، التى هى نفسها منهجية، مخزنًا للنماذج سواء كانت تركيبات عملية أم نماذج نظرية.

تتطور فكرة النموذج كقاعدة مجردة حينئذ فى الفيزياء. النموذج هنا وسيط يوكل له الفيزيائيون وظيفة المعرفة، واختزال ما زال غامضًا إلى ما هو معروف سلفًا وخصوصًا فى وجود حقول دراسة يُعد الوصول إليها صعبًا.

وظيفة توكيل النموذج هذه تجعله يبدو كأداة للفهم العقلى ذى وظيفة ثلاثية:

- فى عالم معقد ومنتشر فى أقاليم متغايرة ومستويات مختلفة جدا يسمح النموذج المتكيف مع مستوى من التجربة الخاصة، أيضا بإدماج المستويات الأدنى.

- بتحقيق النموذج لعملية اقتصاد (لأنه ينقل نفس المنهجية إلى حقل ثان) يختصر العلم من خلال الإضافة إليه ويسمح ذلك بأن يفعل أكثر من خلال ما هو أقل.

- يحيل الجديد إلى القديم فيبرر تصدير المناهج المعروفة فى حقول غير معروفة.

منذ النصف الثانى من القرن التاسع عشر،

يستقر المنهج التجريبى فى البيولوجيا والطب

يعد كلود برنار Claude Brenarad، بكتابه مدخل إلى دراسة الطب التجريبى، هو المنظر الأكبر لهذا التوسع. ولكن تعريفه للمنهج التجريبى يعد قاصرًا. بالنسبة له، هذا المنهج "لايفعل شيئًا سوى أن يقدم حكمًا على الوقائع التى تحيط بنا، بمساعدة معيار هو نفسه ليس سوى واقعة أخرى، مهيأة بحيث تسمح بالسيطرة على الحكم وتتيح الخبرة". والحال أن تفتيت الخبرة فى وقائع بسيطة والاعتقاد بأنه يمكننا الحكم على واقعة بواسطة أخرى سيتضح أنه غير كاف. فضلاً عن ذلك، تظل الملاحظة هى اللحظة الأولى للمنهج الذى ينادى به كلود برنار، حتى وإن حدد، من جهة أخرى، أن التجربة العلمية ليست ملاحظة سلبية وإنما استثارة، ويصر عن حق على فن البرهان التجريبى. فى الواقع، الملاحظة فى الحركة الدائرية التى تسم منهجها، هى مصدر الفكرة التى بمقتضاها يمكن تأسيس البرهان وتنفيذ تجارب، تصبح هى بدورها مصادر لأفكار جديدة ومستقرئة لدورة جديدة. والحال أن الواقعة التى يلاحظها كلود برنار هى واقعة مُجزأة. ليس فقط لأن المنهج العلمى يقتضى "تفتيت للمجال التجريبى". ولكن لأنه من أوله إلى آخره تحليلى ويؤدى عن قصد إلى فك الوشائج بين الظواهر. "بمساعدة التجربة، نحلل ونفكك هذه الظواهر من أجل اختزالها إلى علاقات وإلى شروط بسيطة أكثر فأكثر". ومن هنا جاءت نتيجتان:

- تقدم المعرفة سيرجع دومًا إلى قرارات كشفية أولية ذات سمة خفية. فيقول كلود برنار: "الاختيار المناسب لحيوان، أداة مبنية بصورة ما، واستخدام كاشف بدلاً من آخر يكفى غالبًا لحل الأسئلة العامة الأكثر أهمية".

– امتياز التحليل وأولية الوقائع التى تحيل فى العمق إلى أبستمولوجيا ديكارتية تمنع الإمساك بالعلاقات الجدلية بين الظواهر. فيلاحظ برنار فى نهاية مدخله عن التفكير التجريبى، "مما سبق ينتج أنه، إذا بدت ظاهرة فى تجربة، بمظهر متناقض تمامًا لدرجة أنها لا ترتبط بصورة ضرورية بشروط وجود محددة، على العقل أن يلفظ الظاهرة بوصفها غير علمية".

ولكن هنا، يكون كلود برنار منظر المنهج التجريبى متأخرًا عن كلود برنار الذى يمارس الفسيولوجيا، ومنظر آليات الضبط ومؤسس مفهوم الوسط الداخلى. ففى معرض نقده للتشريح anatomie، كان يلاحظ استحالة أن نستنتج من فحص تشريحى معارف أخرى ذات مستوى وظيفى غير تلك التى استعرناها منه: والحال أن من بين المعارف المستعارة بواسطة علماء التشريح، أشار إلى حضور نماذج عينية: فقد كتب "عندما قيل، من باب المقارنة، أن المثانة هى مخزن يُستخدم فى احتواء السوائل، وأن العظام والمفاصل تمثل صقالات للبناء وروابط ورافعة، إلخ"، "قاربنا بين صور متماثلة، واستنتجنا استخدامات متشابهة". وكانجيلم Canguilhem الذى يستشهد بهذا النص فى دراسته لتاريخ العلوم، يلاحظ مع ذلك أن كلمة "نموذج" هنا غير مستخدمة.

ولكن ما يهمله كلود برنار المُنظِّر يتأكد مع الوقت أنه ضرورى لفهم آليات الضبط التى أبرزها هو نفسه بوصفه مجربًا. وبمقدار ما تتقدم البيولوجيا والطب، تفرض خاصية تداخل الروابط بين ظواهر الحياة أخذ الوقائع المركبة فى الحسبان، وأحيانًا تكون هى فى ذاتها متناقضة أو، على أى حال، متعارضة. حينئذ لم يعد الأمر يتعلق ببساطة بنماذج عينية، أيقونية، ومشابهة سنحتاج إليها. ولكن سيتعلق الأمر، كما فى الفيزياء، بنماذج رياضية أصيلة.

ومع السيبرنطيقا العائدة إلى فاينر N. Weiner ثم نظرية الأنظمة لبرتالانفى Bertalanffy سيتطور هذا الضرب من التناول، وسوف تستخدمه البيولوجيا على مستويات مختلفة، بشكل كبير.

على مستوى الخلية، تمكن مونو Monod وجاكوب Jacob ولـــووف lwoff من وصف ظواهر التحول مفترضين وجود آليـــة ســـيبرنطيقية. تتـــضمن الفعـــل المزدوج للمُحثّ والكابح. كذلك الأمر على مستوى آليات الهرمونيات، حيث أمكن اقتراح نماذج لتفسير ضروب الضبط المتقاطعة والأفعـــال المزدوجـــة للمحـــاور الهرمونية المتعارضة مثل المحاور ما قبل النخامية واللاحقة عليها، وأفعال محفزة للمحور ذى الخلل الموجود مقترنًا بأفعال قامعة للمحور السائد.

فى هذين المثالين، هناك مواقف جدلية معقدة لا تصبح معقولة إلا من خلال تقديم نموذج. وأخيرًا وعلى مستوى أكثر عمومية بكثير، فرض الفكر الخاص بعلم البيئة، منذ سنوات ١٩٣٠ إدخال مفاهيم النظام البيئى، والشبكة الغذائية، بناء نماذج للإمساك بوقائع طبيعية معقدة ومتداخلة، ولاسيما سلوك الأحياء فى علاقته بالوسط الحيوى وغير الحيوى. وهكذا فرضت صياغة النماذج نفـــسها علـــى البيولوجيـــا والطب وعلم البيئة ضد أفكار كلود برنار.

العلاقة بين صياغة النماذج والمحاكاة

إذا كانت صياغة نموذج، تعنى توكيل وظيفة المعرفة من أجل تمثيل الواقـــع بصورة هى فى آن اقتصادية وموثوق بها، فإنه يظل من الواجب التأكـــد مـــن أن النموذج يحتفظ برباط مع التجربة. وهذه مهمة المحاكاة، وهو مفهوم كان له قـــديمًا دلالات ضمنية سلبية، وخصصها أفلاطون فـــى محـــاورة الجمهوريـــة (الفـــصل السادس، فقرة ٥١١) لنمط من المعرفة المتدنية، وهى معرفة الصور، وهى الدرجة الأدنى من الواقع فى رأيه. ومن خلال جارسيان Garcian وديـــدرو Diderot ثـــم نيتشه Nietzsche انطلق تدريجيًا انقلاب يرد الاعتبار إلى الاصطناع ويسمح اليوم بعمل "مديح للمحاكاة"، تلك القدرة على إعادة الإنتاج بـــصورة عدديـــة، والتوليـــد بصورة تشكيلية مصورة لمواقف، وحلقات، ومسارات مشابهة للمسارات الواقعية.

صياغة النماذج والمحاكاة

وطبقًا لرأى إتّين جويون Etienne Guyon، يظل كل من صياغة النماذج، والمحاكاة مسارين متمايزين. تحتفظ صياغة النماذج، بحسب أدواتها، بارتفاع أكثر عن الواقع من المحاكاة. إن شروط المحاكاة المطلقة لا تتم مراعاتها بما أن النموذج، يعمل على تبسيط الظاهرة فلا يستبقى سوى المتغيرات الأكثر جوهرية. وهذا يمثل نوعًا من التقريب، لكنه يكفى فى الغالب للنجاح. وبالنظر إلى هذه الصياغة للنماذج، تبدو المحاكاة تناولاً أكثر تكلفة لأنه يدعونا إلى الاحتفاظ بكل معاملات المشكلة الأولية. وطبقًا لرأى جويون، يضع محاكى الطيران أو قيادة السيارات السائق فى ظروف مشابهة تمامًا لتلك التى عليه مواجهتها فى الواقع. ولكن هذا الشعور خادع لأن المحاكى هو نموذج مصغر، وتبسيط للواقع مقتصر على وظيفة قيادة تقوم على نظام روافع هيدروليكية. المحاكاة تفترض إذن صياغة النماذج: وتلعب على كون أنه من وجهة نظر التمثيل الإنسانى نفس النتيجة يمكن أن تنتج بصورة مختلفة وخصوصًا بطريقة أكثر اقتصادًا من غيرها. وبالتالى فإن المنهجين ينبغى النظر إليهما بوصفهما متكاملين أكثر منهما متعارضين.

وظيفة المحاكاة

تحاول المحاكاة تنفيذ اختبارات وتجارب بدون خطر، ولكن تحاول أيضا فى بعض فروع الفيزياء التطبيقية أن تنحى جانبًا مواطن الخلل فى النظرية. وهكذا فى علم المناهج، حيث من المستحيل أن نعرف نظريًا سلوك الغلاف الجوى (نظام ديناميكى تطورى حساس للشروط الأولى) على المدى المتوسط والبعيد، نلجأ إلى صياغة النماذج والمحاكاة. وتحل برامج حسابية المعادلات بصورة متقاربة وكذلك دقيقة نظريًا تقترب مما نريد. وانطلاقًا من معرفة حالة الغلاف الجوى فى لحظة معينة يمكن نظريًا حساب تطورات هذا الغلاف الجوى وتقديم توقعات. هذا التناول يسمح علاوة على ذلك بالتجريب. والنموذج الرقمى يصبح مختبرًا افتراضيًا يمكننا

أن نختبر فيه افتراضات. على سبيل المثال يمكن أن نغير فيهِ بعض المعاملات (كمية الطاقة الشمسية المتلقاة، سرعة دوران الأرض..) لدراسة أثرها على المناخ. هذه النماذج الرقمية تسمح علاوة على ذلك بالارتقاء بالتوقع على المدى القصير عن طريق الإدخال الدورى فى النموذج لقيم قياس جديدة، وبتغيير المعامل الحسابى لهذه القيم بصورة تجعل وزنها أكثر أهمية من القياسات القديمة والتى كانت تؤدى إلى توقعات ضعيفة.

وحتى وإن ظل علم المناخ علمًا تعد النماذج فيه تقريبية فإن تقدم التغطية بالأقمار الصناعية ومناهج رقمية ومعلوماتية أخرى تسمح لعلماء المناخ بتصور أكثر دقة للشروط الأولية وبوضع حدود لتأثير الفوضى الحتمية والاضطراب. لقد تم إحراز تقدم لم يتوقف منذ النماذج الأولى والتى ترجع إلى سنوات ١٩٥٠.

يمكن لنا أن نشير أيضا إلى كثير من الأمثلة تسير فيها كل من صياغة النماذج والمحاكاة مقترنين، على سبيل المثال فِى العلوم الإنسانية. فقد كان ليڤى شتراوسLévi-Strauss فى كتابه الفكر البرى قد شدد على أهمية فكرة "النموذج المصغر" فيما يخص الفكر الأسطورى الذى يقترح نوعًا من المجاز للعالم. وقد انتقلنا سريعًا من المجاز إلى النموذج فى مجالات مثل التحليل الفضائى فى الجغرافيا وأيضا فى الديناميكا الاقتصادية وهى قطاعات تطورت داخلها بصورة هائلة صياغة النماذج والمحاكاة.

السمة الخلاقة لهذا الزواج بين النماذج والمحاكاة

سوف نستخدم الذكاء الاصطناعى (IA) هنا كمثال. فالباحثون فى البدء عملوا على فهم طبيعة الذكاء فاقتصروا على إعادة بناء ضروب السلوك الذكية (وإعادة البناء ليست تفسيرًا). بل فى أغلب الأحيان اقتصروا على أن الحاسب الآلى يؤدى مهامًّا يعد الإنسان حتى اليوم هو أفضل من يؤديها. يوجد إضعاف ثلاثى للمشروع الأساسى بما أن ذلك يعنى الاعتراف ليس فقط أننا لن نتمكن من معرفة طبيعة الذكاء وليس فقط أن الصورة الزائفة simulacre لن تغير النموذج أو

النسخة ولكن أيضا هذا التطور الذى يبشر بنوع من العودة إلى أفلاطون يبدأ من صياغة نماذج مستحيلة إلى محاكاة غير متقنة كان يمكنه عن حق أن يبدو تراجعًا مؤديًا للاغتراب. والحال أنه بحسب فيليب كو Quéau Philippe يبدو هذا الطريق على العكس مُحرِّر.

– حيثما نكون، فى مجال الذكاء الاصطناعى كما هو الحال غالبًا فى الفيزياء، هناك ضرورة أولاً لتشغيل النموذج لاختبار تماسكه الداخلى قبل الحكم بصلاحيته، وهذه الضرورة تؤدى أحيانًا إلى تغذيته بمعطيات عشوائية. والحال أن هذا الابتعاد عن التجربة الواقعية يحمل فى داخله إبداعًا محتملاً. فى هذا التجريب غير المسبوق، يصبح النموذج، بحسب مسارات ربما تكون غير متوقعة، حساسًا للإمكانيات الجديدة التى تقود إلى ما وراء ما هو معروف.

– فى حين يؤدى النموذج، بوصفه اختزالاً، إلى صورة معينة من التكثيف للتجربة، "تقتضى المحاكاة، بحسب فيليب كو، إزاحة وإعادة تركيب وتنظيم النموذج. "هذه الكلمات: **تكثيف وإزاحة** هى نفسها التى وصف بها فرويد Freud منطق اللاوعى الذى هو أيضا منطق الحلم. ويستنتج من ذلك فيليب كو أن المحاكى، الذى يكثف ويختزل ينتج إذن حلمًا صوريًا، محررًا من قيود التجربة الحسية التى تقدمها لنا فى العادة الأجهزة والأدوات.

أحد التطبيقات المعروفة هو الصورة التركيبية التى يبدو فيها خلق عوالم افتراضية من الأقاليم النباتية والحيوانية المخترعة ولكن القابلة للتصديق رياضيًا – "حياة اصطناعية" كاملة – ممتدًا بالواقع إلى عالم أكثر ثراء ويبدو أنه ليس إلا أحد ممكناته. النموذج الذى يكثف الواقع يقود، بفضل المحاكى، إلى تضخيم نظرى لهذا الواقع. ألا تقبل هذه النتيجة أى حد يحدها؟

إذا كان من الحقيقى أن المحاكاة المعلوماتية قبل التجربة تفقد عينيتها وتميل إلى وضعها فى داخل ما هو نظرى، فإن السؤال الذى يطرح نفسه هو معرفة ما إذا كان المنعطف الجديد يؤدى بنا أم لا إلى نقطة البداية. وقد علمنا باشلار

Bachelard أن العقلانية ينبغى تطبيقها. ولكن يبدو أن صياغة النموذج والمحاكاة تستغنى عن التطبيق الواقعى. فهل تصبح العقلانية توهماً؟ بالتأكيد تؤدى صياغة النموذج والمحاكاة بوصفها تكثيف وإزاحة، إلى تضخيم للتجربة ينتج عن هذا الاتساع الافتراضى للواقع، ويوضح جيل جاستون جرانجيه Gilles Gaston Granger، أن واقعًا تعاد صياغته وإثراؤه يمكن لنا أن نسميه ما فوق الواقع surréel. هذه "السيريالية" الخاصة بالعلم المعاصر ليست ناتجة إلا عن العقلانية المفرطة للنظريات العلمية الكبرى فى القرن العشرين. التجربة والتطبيق ليسا مرفوضين بقدر ما هما مختزلان إلى دور المساعد الأدنى، حيث إن الرمزى من الناحية الاقتصادية يحل محل المادى.

ولكن هذا الاختزال – الإنابة لا يتم دون مخاطرة. أولاً من اللائق عدم الخلط بين الموضوعات وصورها، وبين المحاكاة والواقع. فمحاكاة حريق ما لا تحرق أحدًا، ومصادفات "الحياة على الشاشة" لا تولد أى معاناة. والأخطاء التى يمكن أن نرتكبها بهذه الأدوات، وكذلك صعوبة قبولها، تذكرنا بحدودها. بعض المحاكيات الرقمية مثل محاكاة الانفجارات النووية التى يبدو أنها تحل باطراد محل هذه التفجيرات، لا تستبعد تجارب واقعية مكلفة. علاوة على ذلك يمكن أيضا أن نتساءل عن أخطار التوجه نحو الافتراضية. تحول الانفجارات النووية باتجاه الافتراضية يميل إلى جعل القنبلة أمرًا شائعًا، وليس من الأكيد أننا سنربح من ذلك شيئًا كثيرًا.

لا تؤدى كل ضروب المحاكاة إلى نفس الأخطار. ولكن الخبرة العلمية الحديثة، المنمذجة والمحكاة لا يمكنها أن تلغى اللجوء إلى التجربة الواقعية. تستفز المحاكاة الحديثة عوالمًا افتراضية يمكن لمنطقها، المرتبط أحيانًا بالحلم، أن يكون منطق كابوس إذا انفصلت تمامًا عن التجربة الحسية وإذا حلت المادة الرمزية بصورة نهائية محل المادة الواقعية. ولكننا لم نصل بعد إلى هذا الحد، واللجوء إلى ما هو حسى، وإلى البنى التحتية المادية وإلى التكاليف الواقعية يضعنا بصورة دورية رغم التنامى السيريالى المتزايد الذى خلقناه، فى منظور للعقلانية التطبيقية.

مراجع:

1. LEBLOND (J.-M.), *Logique et méthode chez Aristote*, Paris, Vrin, 1970, 2e ed., p. 235.
2. DESCARTES, *Discours de la méthode*, 6e partie, « Choses requises pour aller plus avant en la recherche de la nature », *Œuvres*, Paris, Gallimard, 1951, p. 169-170.
3. NEWTON, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, trad. fr. Paris, Bourgois, 1985, p. 76 et suiv.
4. NEWTON, *op.cit.*, p. 77.
5. LAGRANGE, *Mécanique analytique*, 1re éd. p. 25 ; Blanchard, p. 27 et 40. Cf. Bailhache P., *Louis Poinsot, la théorie générale de l'équilibre et du mouvement des systèmes*, Paris, Vrin, 1975, p. 127-132.
6. BACHELARD (S.), « Quelques remarques épistémologiques sur la notion de modèle », Colloque *Élaboration et justification des modèles*, Maloine-Dion, 1979, t. 1, p. 3.
7. BERNARD (C.), *Introduction à l'étude de la méthode expérimentale*, Paris, Garnier-Flammarion, 1966, p. 41.
8. BERNARD (C.), *op. cit.*, p. 55.
9. BERNARD (C.), *op. cit.*, p. 89.
10. BERNARD (C.), *op. cit.*, p. 90.
11. BERNARD (C.), *Leçons de physiologie expérimentale appliquées à la médecine*, Paris, 1856, t. 2, p. 6.
12. CANGUILHEM (G.), « Modèles et analogies dans la découverte en biologie », *Études d'histoire des sciences*, Paris, Vrin, 1975, p. 308.
13. MONOD (J.), *Le Hasard et la nécessité*, (1970), Paris, Point-Seuil, 1973, p. 85 et suiv.
14. BERNHARD-WEIL (E.), *L'Arc et la corde*, Paris, Maloine-Doin, 1975, p. 14-15.
15. PARROCHIA (D.), *Philosophie des réseaux*, PUF, 1993 ; voir aussi ACOT (P.), *Histoire de l'écologie*, PUF, 1988.
16. GUYON (E.) , « Modélisation et expérimentation », *in* G. Cohen-Tannoudji, *Virtualité et réalité dans les sciences*, Paris, Éd. Frontières, 1995, p. 95-118.
17. QUÉAU (Ph.), *Éloge de la simulation*, Seyssel, Champ Vallon, 1986, p. 161.
18. GRANGER (G.G.), *Le probable, le possible et le virtuel*, Paris, Odile Jacob, 1995, p. 9.

نظرية التطور
ماذا تعنى الداروينية اليوم؟[٦]

بقلم: جان جايون

Jean GAYON

ترجمة: د. أنور مغيث

ترجع فكرة تحول الأنواع خلال تعاقب العصور الجيولوجية إلى نهاية القرن الثامن عشر. ويذكر عن حق اسم لامارك Lamarck بوصفه مرحلة أساسية في مسار نضج الفكر،رغم أنه ليس من الممكن الحديث عن نظرية للتطور قبل داروين. وإذا كان الكتاب الذى نشره داروين Darwin تحت عنوان: **أصل الأنواع** عام ١٨٥٩ قد أثر فى العقول إلى هذه الدرجة فذلك لأن هذا الكتاب كان مخصصًا بأكمله، أى فى ٤٩٠ صفحة، لتقديم نظرية متماسكة لتبرير فكرة أن الأنواع تنحدر بعضها عن البعض من خلال تعديلات، وتفسير المسارات المستمرة بلا نهاية لتغير الأنواع بواسطة فرضية كان داروين يسميها "الانتخاب الطبيعى".

وبعد داروين تم تقديم نظريات عديدة منافسة. ولكن من الواضح أن مصير نظرية التطور بقى مقترنًا باسم داروين أكثر من أى عالِم آخر. ويشهد على ذلك الأهمية الاستثنائية، فى كل الجدل عن التطور فى نهاية القرن التاسع عشر وكل القرن العشرين، لكلمة "الداروينية". إن المتخصصين فى التطور يمكنهم بلا شك اليوم الاستغناء عن كل إحالة إلى داروين. ومع ذلك لا يفعلون هذا، لا فى مناقشاتهم العلمية ولا أمام الجمهور. ولا يسعنا إلا الاندهاش من الإلحاح الذى

---

(٦) نص المحاضرة رقم ١٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٦ يناير ٢٠٠٠.

صيغت من خلاله المجادلات العامة الأخيرة عن التطور وتم تقييمها من خلال لغة ترجع صراحة إلى مؤلف أصل الأنواع. وبوجه خاص منذ منتصف سنوات ١٩٧٠ رأينا ازدهار أدبيات مهمة حول بدائل ممكنة "للداروينية الجديدة"، وأدبيات أخرى مقترنة بها، ليست أقل استفاضة، عن حيوية الداروينية.

هذه الإحالة الدؤوبة لمجال علمى مستقر إلى فرد واحد تمثل وضعًا فى غاية الاستثنائية فى تاريخ العلوم المعاصرة. وأقترح توضيح معنى هذه الإحالة. ماذا يعنى اليوم بالنسبة لباحث بيولوجى فى التطور أن يسمى نفسه "داروينيًا" أو "غير داروينى"؟ وبالإجابة بدقة على هذا السؤال آمل فى المساهمة، كفيلسوف، فى فهم أفضل للحالة الراهنة لنظرية التطور وما يعنى، بالتحديد، أن تكون "نظرية". سوف أبين بوجه خاص أن الانتقادات الحديثة للداروينية يمكن تصنيفها فى فئتين كبيرتين، أصوغهما انطلاقًا من تأمل فلسفى عفوى لداروين نفسه حول موقع مبدأ الانتخاب الطبيعى.

معايير التقييم

الداروينية هى تراث فى البحث، وبوصفها كذلك، لا يمكن أن تكون مطابقة لفكر داروين منظورًا إليه ككتلة واحدة. فهناك الكثير من أفكار داروين لا علاقة لها بما نعنيه اليوم بالداروينية. على سبيل المثال النظرية الداروينية فى الوراثة أو نظرية "النشوء الكلى pangenèse" تتضمن الصورة الأكثر جذرية لوراثة الخصائص المكتسبة التى تم تقديمها حتى الآن. وهذه النظرية ليست "داروينية" إلا بمعنى أن داروين قد دافع عنها. ولكن لا علاقة لها الآن بالجدل الدائر حول صلاحية ما نطلق عليه بشكل شائع "الداروينية" فى نظرية التطور.

لكى نفهم معنى رجوع التطوريين إلى داروين من المناسب أن نبنى فرضية عن طبيعة العلاقة بين النموذج "داروين" والنسخة "الدراوينية". وهى ما يقوم به، على وجه تقريبى كل تطورى يستخدم الصفة "داروينى" أو "غير داروينى". ومع ذلك أعتقد أنه بإمكاننا إدخال المزيد من الدقة فى الموضوع بأكثر مما نفعل عادة،

وأنه ليس من الشطط استكشاف الفرضية التى ترى أن هناك استمرارية ما بين بعض عناصر الفكر التطورى لداروين والداروينية بالأمس واليوم. وعلى خلاف أغلبية العلماء فى نهاية القرن التاسع عشر الذين لم يعد يقرأهم أى عالم اليوم إلا إذا كان مهتمًا بتاريخ العلم نجد داروين يعاد نشره باستمرار وتعاد قراءته طوال القرن العشرين من قبل كثير من البيولوجيين. وبالتالى ليس من التجاوز أن نتصور أن هناك علاقة سببية موضوعية بين النص الداروينى و"الداروينية". يمكن للتأملات العفوية لداروين حول الوضع الفلسفى لمبدأ الانتخاب الطبيعى أن تعيننا على إدراك طبيعة هذه العلاقة. لقد استخدم داروين ثلاثة مصطلحات تساعدنا من أجل توصيف الوضع الفلسفى للانتخاب الطبيعى. "فرضية"، "نظرية"، "قدرة pouvoir ". أول مصطلحين يتعلقان بتبرير الانتخاب الطبيعى. الثالث يأتى فى سياقات مختلفة، ويتعلق بالدلالة السببية للانتخاب الطبيعى.

التمييز بين "الفرضية" و"النظرية" فى الانتخاب الطبيعى يمكن التعبير عنه فى كتاب "تنوع الحيوانات والنباتات تحت فعل الاستئناس" (١٨٦٨) حيث يجهد عالم التاريخ الطبيعى نفسه من أجل الإجابة على العلماء والفلاسفة الذين شكوا فى علمية المسيرة الداروينية فى أصل الأنواع: "فى البحث العلمى، من المباح اختراع **فرضية** ما؛ فإذا قامت بتفسير طبقات كبرى من الوقائع المستقلة فإننا نرفعها إلى مستوى **النظرية المستقرة**".

يمكن أن نتصور **مبدأ** الانتخاب الطبيعى بوصفه **مجرد فرضية جُعلت مع ذلك محتملة** بسبب ما نعرفه إيجابيًا عن تنوع الكائنات العضوية فى حالة الطبيعة وعن الكفاح من أجل الوجود، والحفظ، الذى لا مفر منه إلى حد كبير والمترتب على ذلك للتنوعات الحيوية، والتكوين الموازى للأنواع المستأنسة.

والحال أن هذه **الفرضية يمكن اختبارها**. وهذا فى رأيى الطريقة الوحيدة الشريفة والشرعية لتناول المسألة فى مجملها – **بفحص ما إذا كانت تفسر كثير من الطبقات الكبرى للوقائع المستقلة**، مثل التوالى الجيولوجى للكائنات العضوية،

وتوزيعها فى الأزمنة الماضية والحاضرة، وتوافقها المتبادل وتشابهها. إذا كان مبدأ الانتخاب الطبيعى يفسر جيدًا هذه المجموعات الكبرى من الوقائع للزم إذن قبوله.

ينبغى الإشارة إلى الدقة الفلسفية لهذه الأقوال. لقد كان داروين مطلعًا على المفردات الفنية لما بدأ البعض فى تسميته فى ذلك الوقت "فلسفة العلوم"، وبوجه خاص فلسفة العلوم الاستقرائية. هذه المفردات تسمح له بتقديم البنية الحجاجية لأصل الأنواع بوضوح بالغ وهو ما لم يقم به فى الكتاب الصادر عام ١٨٥٩.

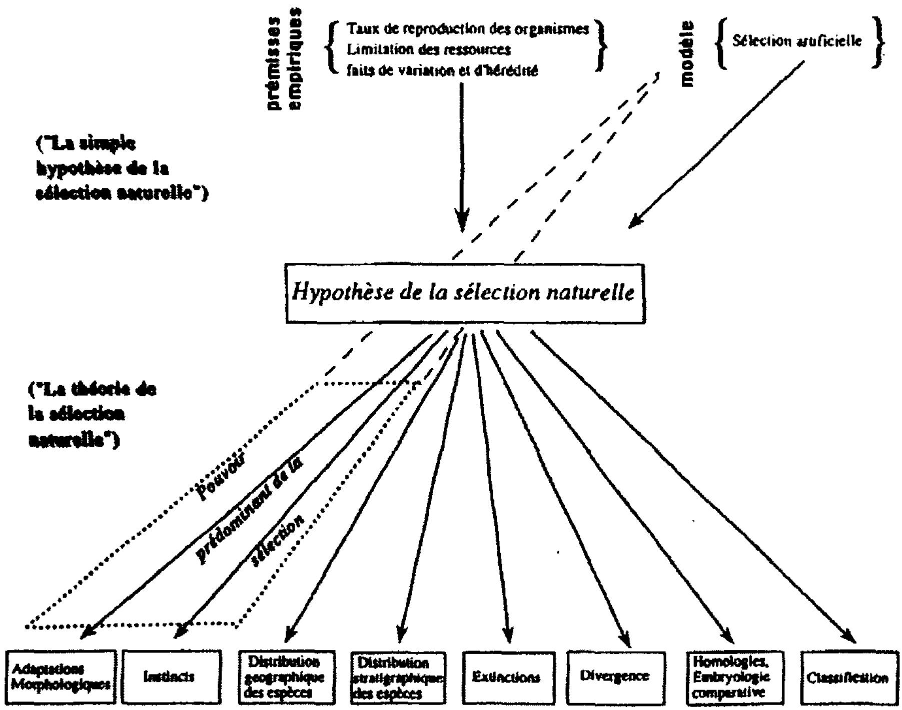
عندما يتحدث داروين عن الانتخاب الطبيعى بوصفه "مجرد فرضية" جُعلت محتملة بسبب بعض طبقات الوقائع، فإنه كان يفكر فى الفصول الخمسة الأولى من أصل الأنواع، والتى يقدم فيها الانتخاب الطبيعى كخلاصة لتفكير مؤسس على سلسلة من المقدمات لها قيمة التعميمات العينية (معدل إعادة إنتاج الكائنات الحية، حدود الموارد، وقائع التنوع والوراثة). وكذلك ينبغى ذكر التلميح إلى "التكوين الموازى للأجناس المستأنسة". وهذه القضية الأخيرة ليست بالمعنى الدقيق مقدمة للحجة التى أشرنا للتو إليها؛ للانتخاب الاصطناعى قيمة النموذج التجريبى المُناظر، وهو موجه لإقناع القارئ بفاعلية مسار الانتخاب فى تعديل الأنواع.

"النظرية المستقرة" للانتخاب الطبيعى تحيل إلى النصف الثانى من أصل الأنواع (الفصول من ٧-١٢) حيث يلعب الانتخاب دور المبدأ الشارح لطبقات متنوعة من الوقائع المستقلة (انقراض، اختلاف، توزيع جغرافى للأنواع، توافقات فى المظهر البدنى، علم الأجنة المقارن). من هنا تخرج استراتيجية جديدة لتبرير الانتخاب الطبيعى، تبريرًا من خلال نتائج الفرضية وبعبارة أخرى من خلال قدرتها التفسيرية.

وهكذا يوجد لدى داروين مستويان من تبرير الانتخاب الطبيعى. الأول يتمثل فى حجة تجعل من المقبول وجود عملية للانتخاب الطبيعى. ومما يزيد من أهمية ذلك أن كتاب "أصل الأنواع" لا يقدم دليلاً مباشرًا على أية حالة من الانتخاب الطبيعى؛ ومن جهة أخرى لم يكن ممكنًا بناء مثل هذا الدليل بصورة مقنعة قبل نهاية عام ١٩٤٠ أى ما يقرب من قرن منذ ظهور أصل الأنواع. المستوى الثانى

للتبرير قائم على القدرة التفسيرية والتوحيدية للفرضية. والمخطط المقدم هنـــا فـــي الشكل الأول يجمع الاستراتيجية المزدوجة لتبرير فرضية الانتخاب الطبيعي.

هذه المنهجية مطابقة للاستراتيجية النيوتونية التقليدية لتأكيد الفرضيات. هذه الاستراتيجية تقوم على المثل الأعلى السبب الحقيقي vera causa "حقيقـــي ولـــيس اصطناعي"، الذى تقترحه المعطيات العينية وتؤكده ظواهر مستقلة يفسرها. وكـــان داروين واعيًا أنه ألف أصل الأنواع بالرجوع إلى هذا التصور عن العلـــم، وهـــو الشائع لدى فيزيائيي منتصف القرن التاسع عشر. وقد تعرف على ذلك فى كتابات فلسفة العلوم لدى هرشل Herschel وهويل Whewell. وهـــذه المرحلـــة تواكـــب المرحلة التى صاغ فيها داروين فرضية الانتخاب الطبيعي.



الشكل (١)

المصطلح الفلسفى الثالث الذى استخدمه داروين لكى يصف الوضع الفلسفى للانتخاب الطبيعى هو مصطلح **القدرة**. ويستخدم داروين كثيرًا هذا المصطلح وهو مرادف تقليدى لمصطلحات "سبب" و"عامل" للدلالة على قدرة الانتخاب الطبيعى، غير المحدودة تقريبًا، على تحسين تكيُّف الأجهزة العضوية مع محيطها. وهنا مقتطفان يوضحان فكرة أن للانتخاب قدرة تحويل لانهائية: "يمكننا القول إن الانتخاب الطبيعى يتقصى فى كل لحظة وفى العالم بأسره التنوعات الأكثر دقة؛ ويطرد الضارة منها ويستبقى ويراكم النافعة؛ إنه يعمل فى صمت بصورة لا غنى عنها وفى كل مكان عندما تتاح الفرصة، من أجل تحسين كل الكائنات الحية فى تواؤمها مع شروط وجودها العضوية وغير العضوية".

وفى الفصل الختامى لأصل الأنواع، نجد صيغة أكثر قوة تدعم وتعطى نجاعة للنقد الموجه غالبًا إلى داروين بواسطة معاصريه، وهو، حسبما يرون، أن داروين قد حل وضع الانتخاب محل الإله المدبر للكون فى اللاهوت الطبيعى: "أى حد يمكن لنا أن نضعه لهذه القدرة الفاعلة بشكل مستمر عبر العصور والتى تستقصى بدقة تكوين وتطابق وعادات كل مخلوق من أجل إعطاء حظ أكبر لما هو حسن ورفض ما هو سيئ؟ لا أستطيع أن أتصور أى حد لهذه القدرة التى تكيف ببطء وبصورة تدعو للإعجاب كل شكل مع العلاقات الأكثر تعقيدًا للحياة. حتى وإن لم ننظر إلى ما هو أبعد من ذلك، فإن نظرية الانتخاب الطبيعى تبدو لى فى ذاتها محتملة".

فيما وراء التأثير البلاغى ما المعنى الدقيق لتصريحات داروين عن "القدرة الكلية" paramount power للانتخاب؟ وفى الكتاب الصادر عام ١٨٦٨ عن **التنوع** يقدم الصيغ الأكثر دقة: "تحدثت عن الانتخاب بوصفه قدرة كلية، رغم أن فعلها يعتمد بشكل مطلق على ما نسميه، بسبب الجهل، التنوع التلقائى والعرضى. التنوعات فى كل مخلوق تتحدد بواسطة قوانين محددة وثابتة. ولكن هذه القوانين لا علاقة لها مع المخلوق الحى الذى يُنتَج بشكل تدريجى من قدرة الانتخاب، سواء كانت هذه القدرة طبيعية أم اصطناعية... بالرغم من أن التنوع ضرورى تمامًا

يكفينا أن نراقب أجهزة حية معقدة ومتكيفة بصورة هائلة لكـــى نفهـــم أن التنـــوع موجود فى وضع التابع بالنسبة للانتخاب".

تتمثل أطروحة "القدرة الكلية" للانتخاب فى القول بأن هذه القدرة هى القـــوة الأساسية التى توجه التغير فى الأنواع. ومن جهة أخرى لا يقول لنا داروين أبـــدًا أن الانتخاب الطبيعى هو القوة الوحيدة التى تنجز التغيير التطورى. فهنـــاك قـــوى أخرى، مثل التنوع التلقائى، وعلاقات النمو، وأثر الاســـتخدام وعـــدم الاســـتخدام. ولكن الانتخاب الطبيعى يأتى بوصفه عاملاً منظمًا **فيما بعد**، وبوصفه كـــذلك هـــو قادر على أن يحتل المكانة الأولى من بين عوامل التنوع التى يستند إليها. أطروحة "القدرة الكلية" للانتخاب الطبيعى، رغم صيغتها الضخمة، لا تخفى ســـوى جانـــب خاص من النظرية، وهو تفسير التغيير التكيفى. بـــالرغم مـــن أن هـــذه النظريـــة جوهرية بالنسبة لداروين لا ينبغى الخلط بينها وبين تصور الانتخاب بوصفه مبـــدأ موحدًا ومفسرًا للتاريخ الطبيعى للحياة فـــى مجملهـــا. التغييـــر التكيفـــى شـــىء، والانقراض والتوزيع الجغرافى للأنواع وتنوعها والعلاقـــات بـــين علـــم الأجنـــة والتطور هى شىء آخر (شكل ١).

وبأى مقدار تساعدنا المقولات الفلسفية العفوية لداروين فى فهـــم الخلافـــات حول حيوية أو تقادم الداروينية فى المذهب التطورى المعاصر؟ يمكـــن أن نـــسمح لأنفسنا بالتشديد على تمييزٍ، بالرغم أنه لم يكن واضحًا لدى دارويـــن، لـــيس أقـــل حضورًا. إذ يليق فى الواقع التمييز بين القدرة التفسيرية للانتخاب الطبيعـــى ومـــا يسميه داروين "قدرة" الانتخاب. إن أطروحة "القـــدرة الكليـــة" للانتخـــاب تتعلـــق بالتكيفات: فالتكيفات هى النتيجة السببية المباشرة لمسار الانتخاب. فـــى المقابـــل، الانقراض والتنوع والتوزيع حسب الشرائح الجيولوجية للحفريات، والمظهر العـــام لتصنيف الكائنات الحية، هى نتائج غير مباشرة وبعيدة إلـــى حـــد مـــا للانتخـــاب الطبيعى. هذه الظواهر توضح بالنسبة لداروين القدرة التفسيرية لفرضية الانتخـــاب الطبيعى، قدرتها على أن تجعل كل جوانب تاريخ الحياة معقولة وموحدة، وتكيـــف

الكائنات الحية ليس سوى الجانب الأكثر مباشرة لهذا التاريخ. هــذا التمييــز بــين القدرة التفسيرية لمبدأ الانتخاب والقدرة السببية المباشرة للانتخــاب يقــدم تــصنيفًا للتحديات المعاصرة للداروينية. والتى سنفحصها الآن.

تصنيف الانتقادات الموجهة للداروينية

منذ سنوات ١٩٧٠ هناك مقولتان رئيسيتان للانتقــادات التــى صــيغت ضــد النظرية التأليفية للتطور أى الصيغة الحديثــة للداروينيــة. النقــد الأول يتمثــل فــى الاحتجاج على أن يكون للانتخاب الطبيعى القدرة على تفسير كــل طبقــات الوقــائع المشار إليها بواسطة داروين. فعلى سبيل المثال يتم إنكار أن الانتخاب الطبيعى يكفــى لتفسير الانقراضات، أو مظهر التوثيق الحفرى (وبوجــه خــاص فجواتــه) أو أيــضا العلاقات بين علم الأجنة والتطور. هذا النوع من النقد كان منظورًا بوجه خاص فــى سياق علم الباليوبيولوجيا paléobiologie (علم الحياة القديمــة). ولكــن الانتقــادات النابعة من بيولوجيا التطور وعلم الأشكال morphologie تأتى عادة من نفس العقلية. ويتعلق الأمر أساسًا برفض النماذج التفسيرية التى تــدين بــالكثير لمبــدأ الانتخــاب الطبيعى. وهذه الانتقادات تستهدف البنية الكلية لما كان داروين يــسميه بـــ"نظريــة الانتخاب الطبيعى، ومزاعمه فى التفسير، وقدرته على توحيد التاريخ الطبيعى للحياة.

النوع الثانى من الانتقادات يتمثل فى الاحتجاج على أن الانتخاب الطبيعى له قدرة غير محدودة ودائمة لتحسين التكيفات. وهى تستهدف هنا ما يسميه دارويــن "القدرة الكلية" للانتخاب.

الانتقادات الخاصة بالقدرة التفسيرية للانتخاب الطبيعى

الغالبية العظمى من الانتقادات منــذ ســنوات ١٩٧٠ تعتبــر أن الانتخــاب الطبيعى تفسير كاف للتكيفات، ولكنه ليس مبدأ كافيًا لتفسير هذه الطبقة الكبــرى أو تلك من الظواهر التطورية.

وكان الجــدل خــلال الثلاثــين ســنة الأخيــرة حــول التطــور الــشامل macroévolution موقعًا مفضلاً لهذا النوع من النقد. والحالة الأكثر بساطة هــي بلا شك حالة الانقراضات. وتمثل لنا أعمال دافيد راوب David Raub، التي تــم تلخيصها في كتاب تجميعي ظهر عام ١٩٩١، بالنسبة لنا هنا حالة مثالية.

التفسير الدارويني التقليدي للانقراضات يقول بوجه عام الآتي: بقدر ما يعدل الانتخاب الطبيعي الأنواع من أجل التنافس بين الأفراد، بعض الأنواع يتضح أنهــا أقل فعالية من غيرها في هذا السباق إلى التكيف؛ هذه الأنواع تشهد نقصان عددها، في حين أن أنواعًا أخرى تغزو حاضنتهم niche البيئية. الانقراض يأتي أساسًا إذن من عوامل بيولوجية (صراع بين الأنواع). ولا يرفض راوب أن يكون انقــراض الأنواع قابل للتفسير بهذه الطريقة في كثير من الحالات. ولكنه يــرفض إمكانيــة تفسير كل الانقراضات وخاصة الانقراضات الكثيفة، بهذه الطريقة. وقد حاول مــع علماء آخرين باليوأنتولوجيين وفيزيائيين تفسير الانقراضات الكثيفة بتوترات فجائية للمناخ الفيزيائي. على سبيل المثال اصطدام الأرض بنيــازك كبيــرة الحجــم، أي بواسطة عوامل غير بيولوجية. ظاهرة الانقراض يمكن تفسيرها حينئذ بأســباب لا ترجع أولاً إلى التنافس بين الأنواع أو بتفاعلاتها البيئية بوجه عام.

لقد شاع هذا التفسير. ولا أذكره إلا لكي أوضح طبيعة التحدي الموجه إلــى الداروينية. فراوب يصرح أنه لا يعترض على "الانتخاب الطبيعي لداروين". فهــذا الانتخاب، كما يقول راوب، هو التفسير الوحيد الممكن للتكيفات. ولكن الانتخاب لا يكفي وحده لإنتاج الانقراضات الكثيفة ولا تنوع الأشكال الناتج عنها بسبب تحــرر الأوساط البيئية المترتب عليها. في تخطيط الشكل الأول، يرفض راوب أن يــضع على الرسم "صندوقين" يظهران في آخر الرسم (انقراض، وتنوع).

وانطلاقًا من هذا المثال من السهل فهم معنــى أطروحــات أخــرى غيــر داروينية. الاختلاف بين الأنواع والقوالب النسالية phylogénétiques كانت أهدافًا مفضلة للباليوبيولوجيين غير الدراوينيين بصورة صــريحة. إن نظريــة التــوازن

المحدد لإيلدردرج Eldredge وجولد Gould 1972 هى موجهة أساسًا ضد رؤية لتاريخ الحياة تشتق النشوء التفرعى[٧] cladogenèse والمظهر العام لشجرة الحياة من الانتخاب الطبيعى وحده. هناك انتقادات مشابهة صيغت فى الغالب بواسطة ميكانيكا النمو وعلم الأشكال. وهنا نبرز قيمة ضغوط النمو، وحتى قوانين التنظيم الذى يجعل كل نظرية للتطور تسعى لأن تلحق مجمل الظواهر إلى العمل التدريجى للانتخاب الطبيعى فى جوهرها غير كافية.

النظرية الحيادية فى التطور الذرى تنطلق أيضا من نفس العقلية. لكنها لا تعترض على كون الانتخاب الطبيعى يفسر نشأة التكيفات، ولكنها تعتبر أنه على المستوى الذرى (وخصوصًا على مستوى الدنا ADN)، أن أغلبية التغيرات محايدة وتوجد مستبعدة أو محددة بواسطة الانحراف الچينى العرضى.

انتقادات تخص القدرة التكيفية للانتخاب

انتقادات القدرة التكيفية للانتخاب الطبيعى هى نسبيًا أكثر ندرة فى الأدب التطورى الحديث. وفى المقابل كانت هى الأكثر شيوعًا فى بداية القرن، حيثما كان يقترح اللاماركيون الجدد تفسيرًا آخر لتكوين التكيفات، أو حيث كان ينكر التحوليون mutationnistes أن يكون للانتخاب الطبيعى القدرة على التعديل التدريجى للأنواع. وفى وقتنا الحالى، وبوجه خاص فى مجال البيولوجيا النظرية نجد انتقادًا منظمًا حول فكرة القدرة التكيفية للانتخاب الطبيعى.

أحد النماذج الأكثر بروزًا عن الخطاب حول حدود هذه القدرة التكيفية يمكن أن نجده فى عمل ستيوارت كوفمان Stuart Kaufmann. ففى كتاب كوفمان أصل النظام ١٩٩٣ يبلور حجتين كبيرتين تستهدف بيان أن التعقد يفرض حدودًا جادة للقدرة التكيفية للانتخاب الطبيعى. فمن جانب تظهر تلقائيًا بعض خصائص الكائنات

---

(٧) النشوء التفرعى: تطور الأنواع بانقسام السلالات.

الحية، التى يسميها توليدية génériques، بسبب تعقدها الداخلى، أيًا كانت العوائق ولاسيما الضغوط الانتقائية التى نطبقها عليها. وهكذا تبدو العلاقة بين عدد الأنماط الخلوية وعدد الجينات الموجودة فى جهاز عضوى متطابقة مع قانون من نفس الصيغة الجبرية فى كل الكائنات الحية (عدد الأنماط الخلوية يتزايد بقدر الجذر التربيعى لعدد الجينات).

على أى حال أغلب "الخصائص التوليدية" أو "الكليات البيولوجية" يمكن تحديد سماتها بصورة أكثر صورية. ومن جانب آخر، يرى كوفمان أنه بعد أن يصل إلى درجة معينة من التعقد، توجد حدود جادة لقدرة النظم الخاضعة للانتخاب أن تتطور تجاه درجة أكبر من الرقى (أو القيمة الانتخابية) أو حتى البقاء عند مستوى معين. الفكرة الأساسية هى أن بعض درجات الاتصال فى الچينوم (حلقات الفعل الارتجاعى بين جينات التضبيط) هى أكثر تحبيذًا من غيرها لعمل الانتخاب.

توجد طرق أخرى مفتوحة على نقد القدرة التكيفية للانتخاب الطبيعى. فقد طور علماء الجينات فى مجال السكان عددًا من النماذج التى تستهدف أن تبين سذاجة الفكرة التى تعتبر أن الانتخاب الطبيعى له قدرة تنمية شبه آلية للقيمة التكيفية للسكان. حتى فى غياب العوامل التى من شأنها عرقلة عمل الانتخاب (على سبيل المثال: الانحراف العرضى)، يمكن لسياسة عملية للانتخاب الطبيعى أن يكون من نتيجتها أن تقلل من رقى السكان. وهذه هى الحالة التى نجدها على سبيل المثال للنماذج التى تصف تطوير سكان التى يوجد فيها تنافس بين جينات تحدد سلوكًا أنانيًا وسلوكًا غيريًا: فى أكثر هذه النماذج بساطة، يؤدى الانتخاب إلى نشر جينات أنانية، وفى الوقت نفسه يؤدى إلى تخفيض الرقى الشامل للسكان. وفيما وراء هذه الحالة الأسطورية التى تذكرنا بنمط من التفكير الشائع لدى علماء الاقتصاد طور علماء جينات السكان نماذج نظرية عديدة تكون نتيجة الانتخاب فيها ليست هى زيادة، بل تخفيض القيمة التكيفية العامة لسكان معينين.

خاتمة

منذ حوالى ثلاثين سنة، نشأ جدل مستمر حول صلاحية "الداروينية" وقد سبب هذا الجدل كثيرًا من اللبس. وأحيانًا يكون المستهدف هو النظرية التأليفية للتطور أو بعبارة أخرى الدراوينية الحديثة. وأحيانًا أخرى يستهدف النقد طبقة أقدم أو أحدث من المذهب التطورى الذى يستلهم داروين.

الدراوينية بسبب هذه التسمية نفسها، هى عملية تاريخية. فلا شيء يتضمن سلفًا أن هذا المصطلح يغطى اختبارات نظرية متجانسة. ولكن يمكننا مع ذلك أن نراهن على أن الإحالة المهووسة من قبل علماء بيولوجيا التطور إلى داورين تتمتع ببعض التماسك المفاهيمي. بهذه الروح اقترحت معيارًا بسيطًا لتقييم الأطروحات الدراوينية والمعادية للداروينية. هناك طريقتان حتى يكون المرء غير دراويني: الأولى هى الاعتراض على مخطط إعادة إنشاء التاريخ الطبيعى كما قدمها داروين، ورفض الوضع التراتبى الذى يعزوه داروين لمبدأ الانتخاب فى تفسير مجمل الأحداث التى تمثل مجمل تاريخ الحياة. هذا النوع من النقد كان هو الأكثر شيوعًا منذ سنوات ١٩٧٠. بوجه عام لا يدفع هذا النقد المؤلفين إلى الاعتراض على كون الانتخاب الطبيعى تفسيرًا صالحًا لنشأة التكيفات. الطريقة الثانية كى يكون المرء غير داروينى هى الاعتراض على عمومية القدرة التكيفية للانتخاب. فى العقود التى تلت داروين، كان هذا هو خط الهجوم المشترك ضد داروين، وكانوا فى ذلك الوقت يعارضون الانتخاب الطبيعى بتفسيرات أخرى لنشأة التكيفات مثل وراثة الصفات المكتسبة. مثل هذا الاعتراض على فرضية الانتخاب الطبيعى بوصفها مبدأ موحد للتاريخ الطبيعى للحياة فى مجملها. واليوم أصبح نقد القدرة التكيفية للانتخاب نادرًا فى مجتمع علماء البيولوجيا. ولاسيما لدى علماء التاريخ الطبيعى الميدانيين. إنه أمر يخص منظرين يهمهم تفكيك البداهة الظاهرة لمفهوم الانتخاب، ولكن ليس بالضرورة الاعتراض على المكانة التى يعترف بها له علماء التاريخ الطبيعى الميدانيين.

هناك طريقة أخرى لتصور نزاعات متكررة مع داروين أو ضده. إن كلمة الدراوينية لا تحيل فقط، فى الواقع، لجدل داخل مجال تاريخ البيولوجيا. فمنذ أصول هذا الجدل ارتبط بمجالات واسعة فى الثقافة المعاصرة (وبوجه خاص: الاقتصاد، السياسة، الفلسفة، الدين). وقد ساهم ذلك بلا شك فى زيادة شعبية الكلمة. ولم أتعرض لهذا الجانب المهم فى المسألة. الجدل مع داروين أو ضده هو فى جانب منه موجه ومتجدد بواسطة خلافات تذهب إلى ما وراء الخلافات النظرية المتخصصة.

هذا الجانب المألوف للمسألة لا ينبغى له أن ينسينا مع ذلك البعد النظرى فعلاً للنزاعات حول الداروينية. وفى سياق تطور لا سابق له للتقنية الحيوية، فإن الجدل النظرى حول التطور مع ما يتضمنه من شحنة انفعالية خاصة، موجود كى يذكرنا اليوم، كما بالأمس، أن العلم ليس فقط مجموعة من الوصفات العملية، ولكن محاولة من أجل جعل الطبيعة معقولة، وهى محاولة مفتوحة بلانهاية والخلاف فيها أمر مشروع.

مراجع:

1a. DARWIN (C.), « The Variation of Animals and Plants under Domestication », *The Works of Charles Darwin*, New York, AMS Press, [1875], 1972, n° 7, p. 9.
1b. DARWIN (C.), « The Variation of Animals and Plants under Domestication », *The Works of Charles Darwin*, New York, AMS Press, [1875], 1972, n° 8, p. 426.
2. HULL (D.), *Darwin and his Critics*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 1973.
3. KAVALOSKI (V.-C.), *The vera causa Principle : a Historico-philosophical Study of a Metatheoretical Concept from Newton through Darwin*, University of Chicago : Ph. dissertation, 1974.
4. RUSE (M.), « Darwin's debt to philosophy : an examination of the influence of the philosophical ideas of John F. W. Herschel and William Whewell on the development of Charles Darwin's theory of evolution », *Studies in History and Philosophy of Science*, n° 6, 1975, p. 159-181.
5a. DARWIN (C.), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of favoured Races in the Struggle for Life*, London, Murray, (Facsimile, Cambridge, Harvard University Press, 1964), 1859, p. 84.
5b. DARWIN (C.), *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, London, Murray, (Facsimile, Cambridge, Harvard University Press, 1964), 1859, p. 236.
6. RAUP (D.), *Extinction. Bad Genes or Bad Luck?*, New York, Norton and Company, 1991, trad. fr : *De l'extinction des espèces — Sur la disparition des dinosaures et de quelques milliards d'autres*, M. Blanc, Paris, Gallimard, 1993.
7. GOODWIN (B.), « Changing from an evolutionary to a generative paradigm », *Biology, in Evolutionary Theory : Paths into the Future*, J.-W. Pollard, New York (ed.), New York, Wiley, 1984, p. 99-120.
8. KIMURA (M.), « Evolutionary rate at the molecular level », *Nature*, n° 217, p. 624-626.
9. KAUFFMAN (S.A.), *The Origins of Order : Self-Organization and Selection*, New York and Oxford, Oxford University Press, 1993.
10. GAYON (J.), « Critics and criticisms of the modern synthesis : the viewpoint of a philosopher », *Evolutionary Biology*, n° 24, 1990, p. 1-49.
11. GAYON (J.), « What does "Darwinism" mean? », *Ludus vitalis*, n° 2, 1994, p. 105-118.
12. GAYON (J.), « Neo-Darwinism », in *Concepts, Theories, and Rationality in the Biological Sciences, The Second Pittsburgh-Konstanz Colloquium in the Philosophy of Science*, G. Wolters, J.-G. Lennox, P. McLaughlin (eds.), Universitätsverlag Konstanz & University of Pittsburgh Press, 1995, p. 1-25.
13. GAYON (J.), « The paramount power of selection : From Darwin to Kauffman », *in Structures and Norms in Science*, Xth International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science — Florence, august 1995, M.-L. Dalla Chiara, K. Doets, D. Mundici, J. van Benthem (eds.), Dordrecht, Kluwer, 1997, p. 265-282.
14. GAYON (J.), *Darwinism's Struggle for Survival — Heredity and the Hypothesis of Natural Selection*, Cambridge, Cambridge University Press [éd. angl. révisée de Darwin et l'après-Darwin, Paris, Kimé, 1992], 1998.

العقلانية والاستدلال[8]

بقلم: جيل جاستون جرانجيه

Gilles Gaston GRANGER

ترجمة: راوية صادق

السؤال المحورى المطروح هو التالى: هل عقلانية المعرفة أو السلوك هى بالضرورة نتاج استدلال؟ من الملائم، من أجل محاولة الإجابة، أن نحدد معنى كلمة عقلانية ونصف إجراءات الاستدلال. الاستدلال هو تسلسل القضايا مع الالتزام بالقواعد. لكنه أيضا تحديد فكرة فى سياق يخص الظروف، والأسباب والنتائج. هناك إذن مظهرا "بنائيا" ومظهرا "نقديا" فى الاستدلال.

أما عن خاصية العقلانى، فهى تطبَّق أيضا على "إجراءات" الفكر، مثلما تُطبق على الـ"سلوكيات" أو حتى على "ذوات" مفكرة أو فاعلة؛ لكن فى اتجاهات مختلفة يكون من الملائم تمييزها وجمعها. الإخلاص للـ"قواعد" هو بالتأكيد أحد الملامح الجوهرية المشتركة، لكن إحدى الإشكاليات الرئيسية لفلسفة التقاليد اليونانية كانت دائما الصياغة والوحدة المحتملة لهذه القوانين. لتوضيح دور الاستدلال فى الوصول إلى صفة ما هو عقلى، سنبحث بالتعاقب، تطبيق هذه الخاصية على إحدى المعارف وأحد السلوكيات.

ما المعرفة العقلانية؟

إن معرفة أحد العوالم باعتبارها تشكيل لخبراتنا لا يتم التفكير فيها جيدا إلا من خلال تحول الانطباعات إلى مفاهيم. فالـ"منطق" هو أكثر أنماط التشكيل

---

(٨) نص المحاضرة رقم ١٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٧ يناير ٢٠٠٠.

والضبط عمومية التى تتطابق مع هذا التحول. كما أن أولى تميزات إحدى المعارف العقلانية هو كونها فكرًا منطقيا.

يتمثل أكثر معانى المنطق صرامة فى اختزال كل موضوع للتفكير إلى أقل محتوى، الذى هو الحضور أو الغياب، وعلى نحو مضاف للقضية التى تعنى هذا الموضوع، الصواب أو الخطأ. عندئذ تضمن قواعد الاستدلال بناء قضية انطلاقًا من أخرى مع المحافظة على قيمة الحقيقة للقضية الأصلية، ومن ثم تضمن عدم إمكانية استنتاج قضية حقيقية وخاطئة فى آن. صيغ هذا التشريع للـ"استنتاجات" بطرق مختلفة على امتداد تاريخ المنطق، وفقًا لمستوى التعقيد المختار لوصف القضايا. فعلم القياس syllogistique لدى أرسطو Aristoteهو الذى ينظم معالجة القضايا المتضمنة بنى داخلية، مع موضوع ومحمول، ويركّب قضيتين بسيطتين للحصول على نتيجة حقيقية. عندئذ تكون القواعد معقدة إلى حد بعيد، لكن فكرة الاستنتاج تظل موجودة. إنه أيضا المنطق الرواقى،* الذى يستند على علاقة جوهرية تضمينية بين قضايا لم يتم تحليلها هذه المرة. أو أيضا، منذ القرن التاسع عشر، مع فريج **Frege**، حساب يخص القضايا باستلهام رواقى، يُدخل كمصطلحات تخص لغة منطقية، رموزًا لقضايا خالية من أى مضمون سوى الحقيقة أو الخطأ ورموزًا لعمليات أساسية، على سبيل المثال النفى والتضمين؛ ويحكم من خلال قضايا بسيطة أو مسلمات وقواعد استنتاج، استخدام هذه الرموز الشكلية على نحو خالص.

لنأخذ هذا الموضوع الحسابى كقاعدة حيث القضايا، إذا صح القول، لها درجة الصفر فى المضمون. شكلنا، ونحن نثرى هذا الحد الأدنى من حساب المحمولات، حيث تتضمن القضية رمزًا للملكية ورمزًا للموضوع نطبقه عليها، حساب الكيفيات والطرق، حساب الاحتمالات و"حسابات" أخرى مختلفة تخص قضايا أكثر تعقيدًا، لكنه يظل رغم هذا - حتى لو وقع الأمر بالنسبة للقضايا الميتافيزيقية الخاصة بقضايا الحساب فى المرتبة الثانية فحسب - المبحث الموجه الذى يدير حوار الحقيقة.

إن شرط عقلانية إحدى المعارف هو، من وجهة النظر هذه، مطابقة مساعيها مع منطق ما. ورغم هذا تبين دراسة وممارسة هذا التشريع للفكرة أنها لا تحكم في الواقع غير "تكتيك"، أي المعالجة البطيئة والمحلية للحقائق إذا صح القول. لا نجد فيها أي وصفات تهدف إلى إجراء إبداعي. وبدون مغادرة مجال الفكرة، حيث لا يلعب المضمون التجريبي للقضايا أي دور أساسي، سنكتشف في الرياضيات أولا انتشار عقلانية منتجة.

العقلانية الرياضية هي عقلانية فكر إبداعي وخصب فعلا. لا شك أنها تواصل الخضوع، على الأقل في الصياغة النهائية لمنتجاتها، لتشريع منطق معين. لكن سعيها ينطلق بالإضافة إلى ذلك، من رؤية استراتيجية تربط كل لحظة بتنظيم للمجموع. فإذا كان الرياضي المبدع يرى أن الإنجاز النهائي الذي يكرس نفسه له هو صياغة برهان باعتباره تسلسلا منطقيا لقضايا حقيقية، فإن عمله في التفكير السابق - والرئيسي - تمثّل في البحث عن "سبب الظواهر"، حسبما يقول بليز باسكالBlaize Pascal أحد كبار الرياضيين، عن خصائص الموضوعات الرياضية، وأن يبني موضوعات رياضية جديدة عند الضرورة. يرى الرياضي أمامه (في الفكر) كمًّا من الأشياء أنتجها من سبقه، أو أنتجها هو، بنفس القدر لكنها حقيقية بالفعل، كثافتها وغموضها، التي تفلت أحيانا لقرون أو حتى بلانهاية، من المفكرين متصلبي الرأي. إنه يثابر على تفكيكها إلى عناصر أبسط يكتشف استتباعاتها، ويعيد تكوين أشياء جديدة عرضًا، بنفس القدر من الحقيقة. على سبيل المثال الانتقال من نظرية أساسية لعمليات الجبر الخاصة بالأرقام، إلى جبر مُعمم يتناول أي موضوع يخضع لعمليات مجردة، معرَّفة بخصائصها الشكلية فقط، هو انتقال غير منطقي على نحو مسطّح لكنه أكثر مطابقة للعقل. عقلاني من حيث إننا نعثر انطلاقًا من أشياء جديدة مبنية على هذا النحو - "حلقة"، "جسد"- وباعتبارها إنجازات أقل تجريدًا ومعروفة من قبل، على نظام الأعداد الصحيحة بجمعها، حاصل ضربها، والعكسيات. العقلانية هنا هي المحافظة على خصائص الموضوعات والكشف عن أكثر معانيها عمقًا في عالم أكثر اتساعًا حيث تختفي

بعض القيود الإجرائية المدركة باعتبارها "لا عقلانية". هذه الـ"لا عقلانية"، مثل مقابلة أرقام يسميها اليونانيون - عن حق- "لا عقلانية"، أو تلك الخاصة بالأرقام المسماة بـ"خيالية" فى القرنين السادس عشر والسابع عشر، كثيرًا ما تكون مناسبة لبسط مجال الأشياء القديمة لإعادة ترميم عقلانية نظام الرمز الحسابى.

وهكذا، لاتزال خصوبة الاستدلال الرياضى تتبدى أيضا فى الدور الذى يلعبه فيه المظهر الـ"نقدى" الذى ذكرناه عما قليل. إنه يتمثل فى البحث عن المبادئ، والخصائص الجوهرية للموضوعات المتفحصة. عبّر هذا المظهر للعقلانية عن نفسه مثلما نعلم منذ بدايات الرياضيات اليونانية، على نحو منظم فى "العناصر" لإقليدس Euclide، وأيضا لدى آخرين كثيرين. والفكر العقلانى تمامًا يتضمن بالضرورة هذا التحليل وبمعنى ما، إعادة التساؤل حول ما قد يؤسس مسيرته. ومن الملائم، فيما يتعلق بهذه النقطة، أن نميز نوعين من هذا الأساس، سبق أن ذكرناهما بصدد الشكل المنطقى للاستدلال. يمكن لإضفاء الشرعية هذا، فى واقع الأمر، أن يتمثل فى "قضايا بسيطة" تُطرح باعتبارها غير قابلة للاعتراض عليها أو فى "قواعد" لا نستطيع مخالفتها دون السقوط فى اللاعقلانية. النموذج الأصلى لهذه القواعد، التى تمثل إذا صح القول سلبية العقلانى، مزوّد بطبيعة الحال بالقواعد المنطقية على نحو صارم، والواهنة بعض الشيء ربما وفقًا لمجالات الأشياء التى يستكشفها الفكر، لكن أبدًا إلى حد السماح بالتناقضات. أما بالنسبة للقضايا المصاغة كقاعدة مقبولة، مثل المسلمات فى الرياضيات، فلها قطعًا مضمون إيجابى، فى كل مجال للتفكير، يجعلها مبررة لنقد ميتافيزيقى. فهل سيستند تفسير علمى وصفى وتفسيرى للوقائع النفسية، على سبيل المثال، على مسلمة خصوصية هذه الوقائع بالنسبة للحقائق الجسدية؟ لقد أمكن طعن مسلمة كهذه، دون أن يوصف طعنها أو قبولها باللاعقلانية. لا يسعنا رغم هذا سوى الاعتراف، من وجهة النظر هذه، بنسبية العقلانى. ينبغى - رغم هذا، حسبما يبدو لى، قبول نوع من الميتافيزيقا العقلانية كملجأ أخير، سنعبّر عنها بمتطلبين. ينبغى، من ناحية، خلال البحث عن المبادئ- مثلما يقول أرسطو، التوقف، إذا لم نرد الانخراط فى

مطاردة غامضة" ajnavgkh sth nai. إن اختيار القضايا البسيطة عقلانى إذن فى حد ذاته. ومن ناحية أخرى، ما أن يتحقق هذا الاختيار بوضوح أو ضمنيا، سيصبح لاعقلانى ألا نتمسك به ومعارضته خلال مقصدنا. ورغم هذا، فتعديل أو حتى رفض مبادئه التى أُجيزت من قبل ليس أمرًا لاعقلانيا، بشرط عمل ذلك على نحو مفتوح، وتبرير هذا التغيير فى الطريق بإعادة إذابة النظام الذى يفتح مجالا جديدا للعقلانية. تلك هى الملامح التى نتعرف عليها فى المعرفة العقلانية، التى تضمن فى آن احترام المنطقى وإبداعه.

ما السلوك العقلانى؟

يصعب الفصل بالتأكيد بين عقلانية المعرفة وعقلانية السلوك، مادام السلوك يتضمن معرفة فى أكثر الأحيان. سنرى ذلك فى البدء بوضوح تمامًا عند ذكر بعض الملاحظات حول مفهوم وسيط إذا صح القول بين عقلانية المعرفة وعقلانية السلوك، مثلما يظهر فى النظرية الاقتصادية.

فى علم الاقتصاد، بالفعل،تم السعى إلى تعريف مجرد لسلوكيات عقلانية، من أجل تحديد شروط توازن أحد نظم العوامل التى تنتج وتستهلك السلع. عندئذ يتم إدخال مفهوم نفعية السلع للأفراد، ويُفترض أن للعوامل نظم تفضيل، إزاء هذه النفعية، سيتم التماس خصائصها الشكلية من أجل إحدى حسابات النسق. ثم نفترض أن كل عامل يتصرف على نحو يرفع الحد الأقصى للفائدة التى سيحصل عليها، تحت الضغوط التى يخضع لها فى النظام، على سبيل المثال الكمية المحدودة لكل سلعة التى يمكنه التصرف بها أو يمكنه الحصول عليها بالتبادل، فى ظل شروط سعر معينة.

نرى أن عقلانية سلوك الذوات الاقتصادية هذه تُعرّف من خلال معالجة شكلية، حسابية، للمعطيات المفترضة للفعل. من وجهة النظر هذه، قد تعنى العقلانية الناتجة من مجمل تشغيل نظام اقتصادى، معرّف على نحو مجرد، أنه لم

يعد هناك أى تبادل، أو أن كل تعديل لتوزيع الطيبات من أجل محاباة أحد العوامل قد يؤدى إلى الضرر بعوامل أخرى ورد فعل تعويضى. وهكذا فإن هذا التعريف للسلوك الاقتصادى العقلانى، أو تعريفات أخرى اقترحت له، ترجع فى واقع الأمر إلى عملية عقلانية بالمعنى الـ"تأملى" الخالص، بواسطة قواعد الفكر، والوصف المجرد لنظام. لكن الحق أنه كى نقرّب هذا الوصف من المعطيات الخاصة بالتجربة، ينبغى للنظرية الاقتصادية أن تأخذ بعين الاعتبار الظروف المختلفة المعقدة، وأحياناً المتناقضة، إلى الحد الذى تصبح فيه النظرية تطبيقًا محتملا لـ"حساب اقتصادى"، يعيد إلى عقلانية السلوك نوعيته. لكن المقصود عندئذ عقلانية "تقنية" سنتحدث عنها قريبا.

إنها فى البدء هذه الخصوصية التى سنقصدها الآن، متناولين عقلانية أحد السلوكيات فى مظهره الأخلاقى على نحو خاص أو بشكل أعم "البديهى" الذى يتضمن فكرة لقيم الفعل ومغزى أفعالنا. ولاشك أن سمات إحدى عقلانيات السلوك، التى يمكننا وصفها باعتبارها "تأملية" بالمعنى الكانتى لهذه الكلمة يمكنها بالتأكيد أن تتلاقى، حسبما سبق أن رأينا، فى الفكر الذى يؤسس سلوكًا عقلانيا. لكن فى شكل ومغزى مغاير. سنتناول فى البدء السمات الخاصة بعقلانية "عملية"، تخص الفعل فى الحياة اليومية.

تتعلق السمة الأولى التى سنكشف عنها بـ"التقاط الحقائق " الملموسة للعالم، ولاسيما الخاصة بالعالم الإنسانى الذى يحيط بنا. لا يمكن لسلوك أن يكون عقلانى إذا افترض أن الذات عمياء إزاء الوقائع أو الكائنات التى تعمل بينها. لاشك أن العقلانية لا تقتضى أبدًا معرفة صائبة وكاملة بظروف الفعل، وتتعارض رغم هذا مع الجهل التام بها، وعلى نحو خاص مع اللامبالاة إزاء نتائجها الممكنة فيما يخص تصديق الفعل. إن الحكاية الخرافية عن الدب الذى قتل صاحبه مثال كاركاتورى، لكنه حكيم عن هذا الشكل من اللاعقلانية. يمكننا بالتأكيد أن نصدر عندئذ حكمًا أخلاقيا حول سلوكيات من هذا القبيل، بأن نلصق على العامل خطأ

إهمال المعلومة. وإذا كانت نتائج الفعل غير ملائمة بوضوح للذات أو للآخرين، فإن اللاعقلانية ترتبط هنا بمسئولية أخلاقية.

سنتعرف، فى سياق فكرة قريبة، على أحد أشكال اللاعقلانية فى غياب "الفطرة السليمة" و"الحكم". باستطاعتنا فى الواقع وعن حق تمامًا، التساؤل عمن يقرر ما إذا كان سلوك معين ينجم أم لا من ضلال فى الحكم. ورغم هذا، فى مجتمع وحقبة محددة، يبدو أن للفطرة السليمة بالفعل تفضيلا غير ملتبس، وكما يقول ديكارت بمقدورها أن تكون " أفضل أشياء العالم قابلية للتقسيم"... أى ثمة اتفاق ضمنى منتشر بشكل واسع لما سيحكم عليه بأنه "عاقل" raisonnable. الكلمة، فى لغتنا (الفرنسية) من نفس جذر العقلانى rationnel والعقل raison، وتذكر القواميس أنها مرادفة للعقلانية فى أحد معانيها. لكن قبولها النوعى يربطها بفكرة الفطرة السليمة، وبالاعتدال أيضا. نحن نكثر فى الممارسة الحياتية كما هو واضح، من استخدام هذا المرادف للعقلانى عن طيب خاطر لوصف السلوكيات. وبالنسبة لحالة "الفطرة السليمة" مثلما بالنسبة لحالة الأسْر الصائبة للحقائق، يُسمح لنا بالتأكيد القول بأن اللاعقلانية العملية هى غياب الاستدلال؛ لكن هذا الاستدلال، يرتكز على "تقدير" الحسنات والمخاطر ليس عندئذ سوى أحد أشكال الاستدلال النظرى، التى تتميز قواعده بالضعف الشديد.

ورغم هذا، ليست العقلانية النظرية النقيض الحقيقى لهذه العقلانية الضعيفة، وإنما السلوك الانفعالى قطعًا، الذى هو رفض تطوعى أو على الأقل واع للفطرة السليمة والحكم. فى هذا السلوك، يمكن للفرد تمامًا المشاركة فى عقلانية قوية عندما يقوم باستدلال ليصل إلى الهدف الذى يرغب فيه؛ لكن دون اعتبار للسياق، والانطلاق من المبدأ الوحيد الخاص بتحقيق هذه الرغبة، وبألا يمنح نفسه سوى قاعدة استخدام الوسائل التى تسمح له بالوصول إليها.

نمط آخر من عقلانية الفعل هو العقلانية الـ"تقنية". سيكون عقلانيا من وجهة النظر هذه أحد السلوكيات التى تحصل على النتيجة المرجوة. تصبح مبادئ

العقلانية التقنية، عندما ترشد العلوم التقنية على نحو أساسى، لاسيما كما فى حضاراتنا المعاصرة، هى تلك الخاصة بالفكر العلمى، الذى تصاحبه مبادئ ذات طبيعة اقتصادية يمكنها تحجيم استخدام المبادئ العقلانية التقنية: كيف نحصل على النتيجة التى نبحث عنها بأقل تكلفة. لكن، فى الحقب السابقة، أو فى الحضارات المسماة بدائية، التى لاتزال التقنيات فيها غريبة تمامًا عن المعارف العلمية، ما طبيعة هذه المبادئ؟ هل ينبغى الاعتراف بعقلانيتها أم رفضها؟ كما على سبيل المثال فى نطاق السحر، الذى هو بالفعل "التطبيق المتوافق والمنظم" – باعتباره من الشعائر – لمبادئ معينة يمكن وصفه كسلوك عقلانى. لكن بقدر تناقض مضمون هذه المبادئ مع معارف علمية، وأيضا مع نتائج السلوك السحرى الذى كثيرًا ما سيكون إخفاقات، أو نجاحات يتعذر التحقق منها، يصبح هذا السلوك لاعقلانيا. وبشكل أعم ألا يمكن اعتبار "قابلية مراجع" نجاح إحدى التقنيات، على نحو مستقل عن طبيعة هذه المبادئ، "أحد معايير" العقلانية العملية؟ عقلانية ضعيفة أو مسبّقة بلاشك، لكن يصعب رفضها بسهولة بالنسبة لبعض الممارسات التجريبية الخالصة للحرفى، أو حتى بعض ممارسات المعالج المؤثرة لكن (لايزال) يساء تقديرها؟

لنتأمل الآن، لا أفعال الحياة اليومية ولا الأفعال الموجّهة تقنيا نحو نتيجة، وإنما الفعل مثلما هو، "pra= xi" لدى اليونانيين، مستقلا عن الظروف الخاصة بتحقيقه وبنجاحاته. لقد أعاد الفلاسفة وعلماء اللاهوت منح العقلانية العملية معنى متوازيًا، إذا صح القول، رغم أنه لا يختزل عمومًا فى معناه التأملى. لقد عرّفوا هذا الفعل باعتباره عقلانيا، وذلك بإعادة البحث عن مبادئ خاصة بصلاحية الفعل. لنذكر بإيجاز، نموذجين منهم مميزين للغاية: ديكارت Descartes وكانط Kant.

بالنسبة لديكارت، ربما يكون المقصود حقا هو تأسيس نظرية عن الفعل الحاسم، على نمط العلوم، وبالتأكيد إنطلاقًا مما ستعلمنا إياه ما أن تتطور. لكن قبل الوصول إليها و" إعادة تأسيس الرواق الخارجى" يقترح علينا "علم أخلاق مؤقت". إنه يصيغ فى هذا الصدد ثلاث حِكَم ترسم إذن ملامح ممارسة عقلانية أولية.

١- "طاعة قوانين وعادات بلادى"؛
٢- "أكون الأكثر حزمًا والأكثر تصميمًا فى أفعالى، قدر استطاعتى".
٣- "أحاول دائما إقناع نفسى لا الحظ، وأغيّر رغباتى بدلا من نظام العالم".

نحصل على هذه العقلانية العملية، حسبما نرى، باستدلال يهدف إلى السكينة الخارجية وسلام معين للروح، دون الرجوع إلى مثل أعلى فى نشاطنا.

على النقيض، يريد فلاسفة من قبيل كانط إقامة أخلاق فوقية نهائية. إذن يعرّف كانط "عقلانية" عملية مثيل للعقلانية النظرية التى تحكم المعرفة. وهو يصيغ نظامًا من التعاليم والمبادئ تسود وتقنن كل الحِكَم المتعلقة بتصرفات معينة. فيعلن على هذا النحو "قانون العقل الخالص العملى":

"تصرف بحيث تصلح حكمة إرادتك دائمًا كمبدأ لقانون عام".

أهم سمة جوهرية لهذه العقلانية هى أنها أحد أشكال العالمية التى تستجيب بمعنى ما للصلاحية الـ"عالمية" للقضايا القائمة على العقل النظرى. كما أن الفيلسوف يطور أيضا نظريته عن العقل العملى وفقًا لخطة تتوازى مع خطة نقد العقل النظرى الخالص، مع تحليليته وجدله وتناقضه المذهبى. يبدو إذن أن نفس العقل يأمر المعرفة، فى استخدامه التأملى، ويأمر الفعل فى استخدامه العملى. لكن الاستخدام العملى هو الذى له "الأولية" على الآخر، إلى حد أنه لن يكون هناك صراع للعقل مع نفسه.

نرى، من هذين المثالين، إلى أى حد استطاع الفلاسفة (وبالتأكيد يستطيعون دائمًا) الاختلاف فى تقديمهم لعقلانية السلوك، سواء بأن يظلوا مثل ديكارت قريبين إلى حد كاف من النشاط التجريبى، أو مبتعدين كى يُظهروا شرطًا للعقلانية غير تجريبى وأعلى مستوى هو، فى الحالة الكانطية، حرية الذات.

رغم النية، الواضحة لدى كانط، والضمنية لدى ديكارت لتقريب العقلانية العملية والعقلانية النظرية، فإن صعوبة المقابلة واضحة للعيان. لا يستطيع الاستدلال العملى أن يكون مستقلا تمامًا عن مفهوم المصير الإنسانى؛ فصياغته تتنوع إذن على

نحو شرعى مع هذا المفهوم، وربما مع تحولات المجتمعات الإنسانية. ليس الأمر كذلك بالنسبة لعقلانية الفكر. فحتى لو لم تختزل صياغتها لمتطلبات منطق ما، حتى لو تطورت، فى تطبيقها على الفكر العلمى، فذلك دائمًا، إذا صح القول، من خلال "تغيّر الهيئة"، استعادة وتبنى نُظم موضوعات جديدة وأرحب.

خاتمة

إن الاختلاف بين العقلانيتين والعلاقات المميزة التى تقيمها مع فعل الاستدلال تجعل تعيين هوية عقل نظرى وعقل عملى أمرًا شاقا للغاية. إن استخدام العقل العملى فى المعالجة الجماعية للبشر هو المعضلة على نحو خاص. ستسطّح الصعوبات، بالتأكيد، إذا ما طُبقت العقلانية العلمية على الحل الشامل لمشاكل الفعل، مثلما يعتقد بعض العقلانيين الراديكاليين. لكن هذا التطبيق المثالى لا يمكن تحقيقه بدون بعض التجاهل المنافق للمعطيات الحقيقية، ولا بدون بعض الاعوجاجات فى الاستدلالات التى تؤسسه. ومن ناحية أخرى، تؤدى العقلانية العملية المستقلة – التى تنحو إلى الاستقرار فى عقائد، والتخلى عن المظهر النقدى الذى تولّده العقلانية – إلى تبسيط خطر للعقلانية، نعرفه جيدًا. غير أنه، ولمن يعجب ويعز الخلود الإبداعى لعقلانية المعرفة، يظل هذا الأمل الهش فى رؤيتها تساهم، قريبا، فى توطيد تقلبات التنظيم الجماعى للأفعال وأن نقربها من المثال الذى لايزال ينبغى العثور عليه لممارسة عقلانية حقا.

المراجع:

1. DESCARTES, *Discours de la méthode*, Adam et Tannery, 6, p. 23-25.
2. KANT (E.), *Critique de la raison pratique*, Première partie, Livre I, Chapitre I, Section VII.
3. KANT (E.), *Critique de la raison pratique*, Première partie, Livre II, Chapitre II, Section IV.

المعاينة العلمية
والجدل الديموقراطي[٩]

بقلم: بيير بواستار
Pierre BOISTARD

ترجمة: د. أنور مغيث

تبين الوقائع الأخيرة أن هناك انتظارًا كبيرًا من جانب المجتمع لمعاينة علمية تسمح باتخاذ قرارات مناسبة، فى مواجهة مخاطر يتم الشعور بحدوثها بشكل متزايد ولاسيما فى مجال البيئة والتغذية، أو أيضا لتصحيح نتائج تطور محتمل إلى حد كبير، ويكفى هنا ببساطة أن نذكر مشكلة جنون البقر التى ترجع إلى الاعتلال الدماغى الإسفنجى البقرى ESB (encéphalopathy spongiforme bovine) أو النباتات العابرة للأنواع أو مشاكل زيادة سخونة الكوكب. المعاينة expertise العلمية تكون مطلوبة عندما يقتضى اتخاذ القرار معرفة مستندة على معلومات ليست بديهية. وعندما تكون المعلومات المطروحة قد أصبحت بديهية، لا نكون فى معرض عملية معاينة. المعاينة هى إجابة على سؤال. وبسبب عملية البناء هذه أصبح الفحص العلمى نشاطًا جماعيًا. وبالتالى الخبير expert هو من يقبل، فى الغالب داخل لجنة الخبراء، أن يضع كفاءاته فى خدمة بناء معرفة لم تتبلور بعد، ولكن لا غنى عنها من أجل اتخاذ قرار.

وإذا توجهنا الآن شطر موضوع المعاينة والذى من أجله طُلبت هذه المعاينة، فإن القرارات اللازم اتخاذها تتضمن فى الغالب اختيارات بين قيم

---

(٩) نص المحاضرة رقم ١٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٨ يناير ٢٠٠٠.

متناقضة وينبغى أن تحسم الأمر فى صراعات مصالح. والجدل الديموقراطى يقوم على الاعتراف بشرعية الاختلافات فى وجهات النظر(١٠) والوزن النسبى الذى نعطيه لهذا الجانب أو ذاك من مشكلة ما بحسب الموقع الذى يحتله كل فرد فى المجتمع، وفلسفته وسُلَّم القيم لديه. ولكن الجدل الديموقراطى ينبغى بالضرورة أن يفضى إلى قرار مقبول ومتبنى من قبل الجميع. ينبغى إذن أن يسمح الجدل بتقارب فى سلالم القيم أو على الأقل أن يقبل الإنسان مراجعتها. والمعاينة العلمية يمكن أن تكون عنصرًا فى عملية بلورة قرار يقبله الجسد الاجتماعى.

ونحن نلاحظ أنه بسبب التعقد المتنامى للمواقف التى نواجهها، فإن القرار النهائى يكون أكثر فأكثر متأثرًا بالمعلومات التى تقدمها عملية المعاينة. ولكى يصبح القرار مقبولاً ينبغى أن تكون عملية المعاينة نفسها ذات صلة بالموضوع ومقبولة من المواطن. وإلا فإن جدل الخبراء سوف يحل محل الجدل الديموقراطى، وسوف تظهر نتائج الخبراء وكأنها عوائق تفرض نفسها على المواطن عن طريق إملائها لقرار الساسة. فى الغالب تكون القرارت معلقة بآراء الخبراء وليست معلقة تمامًا باختيارات سياسية، حيث يكون الساسة خاضعين من جانب لضغوط الاقتصاد ومن جانب آخر لضرورات الوقاية من مخاطر محددة بواسطة خبراء، كما يتدخل الخبراء أيضا لتحديد الضغوط الاقتصادية. وحين على العكس، تتحمل حكومة ما مسئولياتها باتخاذ قرار ليس مفروضًا تمامًا بحكم الخبراء، فإننا نتساءل عن النوايا الخفية لها. الفكرة التى أريد أن أوضحها هى أن وضع الجدل الديموقراطى محل جدل الخبراء يتم لأن عملية المعاينة تظل غريبة على الجمهور. مسيرة المعاينة التى قادت إلى الرأى النهائى لا يُبلّغ بها الجمهور. ولكن فقط نتيجة المعاينة تصبح منتجًا نهائيًا يقدم دون أى إشارة إلى طريقة إنتاجها.

---

(١٠) إن تعبير وجهة نظر يشير فى آن إلى الطريقة الخاصة التى يتم بها تقدير مسألة معينة ورأى خاص.= =الانتقال من وجهة النظر بالمعنى الثانى إلى المعنى الأول يمكن أن يشكل أحد علاقات المعاينة العلمية بالجدل الديموقراطى.

لكى يمكن للمعاينة العلمية أن تغذى الجدل الديموقراطى، يجب أن تكون عملية المعاينة العلمية نفسها، وليس فقط نتائجها متاحة للجمهور. بهذه الطريقة يدرك الجمهور أن تعدد وجهات النظر التى تغذى الجدل الديموقراطى هى موجودة أصلاً فى قلب عملية المعاينة العلمية، ولكن هذه التعددية تسمح بإدراك أفضل للواقع. أريد أن أبين أن عملية المعاينة هى وسيلة مفضلة لتقريب العلم من المواطن، وجعل المسيرة العلمية هى نفسها متاحة وليس فقط نتائجها. وبفضل هذا الاقتراب الكبير، فإن المسيرة العلمية التى تغذى عملية المعاينة يمكن لها أن تنشر الجدل الديموقراطى وأن تلهمه.

أريد إذن فى الجزء الأول أن أبين أن الجدل موجود أصلاً فى عملية المعاينة. بل إنه مكوّن لها.

من المسائل المطروحة تكرارًا على رأى الخبراء فى وقتنا الحالى هى مسألة السماح بزراعة النباتات العابرة للأنواع. وهذه المسألة توضح بشكل كبير ضرورة تناول الواقع من زوايا مختلفة، كما توضح أن الخبراء المعنيين سوف يقدمون فى مرحلة أولى إجابات مختلفة، وذلك أولاً بسبب اختلاف تخصصاتهم العلمية. وهو ما يشرحه ب. هـ. جويون P. H. Gougyon مدير مختبر الإيكولوجيا المنهجية والتطور فى المركز القومى الفرنسى للبحوث CNRS جامعة باريس الجنوب، فى حديث أجراه مع صحيفة لا كروا La Croix فى ١٦ و١٧ أكتوبر ١٩٩٩: "العلميون من جانبهم ليسوا محايدين بشكل كامل. إنهم يتناولون المشكلة بطرق مختلفة بحسب تخصصهم. وكل شىء يعتمد على "من أين" يتحدثون. وبصورة تبسيطية، حتى وإن لم يكن هذا دائمًا حقيقيًا، يرى عالم البيولوجيا الجزيئية كثيرًا من التقدم الذى يمكن أن ننتظره من هذه التكنولوجيا الجديدة فى التدخل على الحى (العابر للنوع) فى حين أن الخبراء فى الإيكولوجيا هم أقل حماسًا أمام ازدهار الزراعات العابرة للأنواع. إن معاينة جديدة ينبغى أن يتقاطع فيها أكثر من تخصص".

يرى علماء البيولوجيا الجزيئية فى الأجهزة العضوية المعدلة جينيًّا من خلال نقل خصائص أنواع أخرى إمكانية فى زيادة مقاومة النباتات للأمراض وللأنواع المدمرة مثل الحشرات أو الديدان وتقليل مضار الأعشاب الضارة. وخلال الفترة بين ١٩٩١-١٩٩٣، تم حساب أنه بالنسبة للمنتجين العالميين الأساسيين كانت الخسائر الراجعة للأمراض والآفات والأعشاب الضارة حوالى ٤٢% بالنسبة للمحصول المتوقع رغم تخفيض ما يقرب من نصف هذه الخسائر بفضل المعالجات الصحية للنبات phytosanitaires.

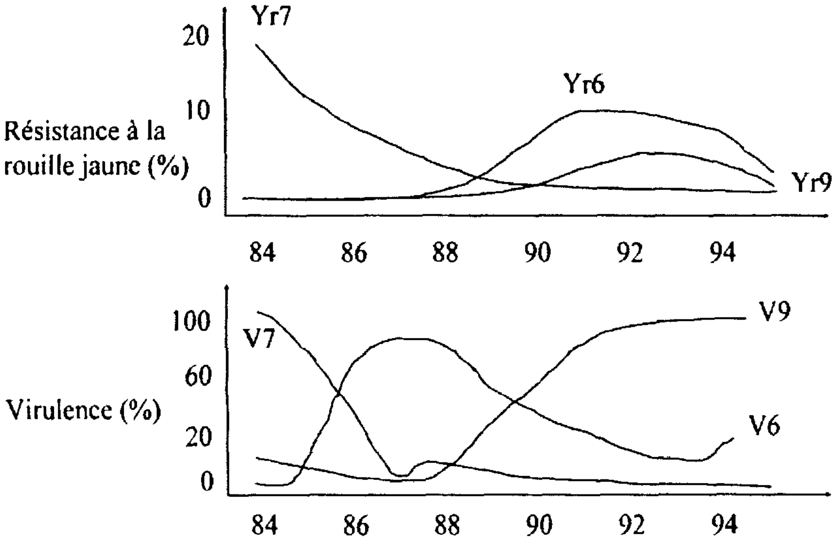
البيولوجيا الجزيئية هى أولاً أداة لفهم الآليات التى من خلالها يمكن لكائن عضوى دقيق أن يسبب مرضًا لنبات. وسوف أقدم على سبيل المثال البكتيريا المسماة rastonia solanacearum التى تدرس فى مختبرنا، والتى تسبب ذبول نباتات كثيرة، مما يمنع، على سبيل المثال، زراعة البطاطس فى بعض الأقاليم التى توجد بها البكتريا فى حالة وبائية. وقد بينت دراساتنا أن البكتريا تمتلك نظامًا من الإفرازات يسمح بحقن النباتات بمواد سامة تؤدى إلى مرضه. وبعض المنتجات المحقونة فى النباتات سيتم التعرف عليها بواسطة جزيئيات منتجة تحت تحكم جينات مقاومة وتؤدى إلى رد فعل دفاعى من جانب النبات.

وبفضل تقنية البيولوجيا الجزيئية والهندسة الوراثية، أمكن لنا عزل شذرة من الحامض النووى المسئولة عن المقاومة فى سلالة من زهرة العربية Arabidopsis italiana وهو ما يفتح إمكانية تحديد طريقة عملها من خلال استغلال المعلومات الموجودة فى المقطع الخاص بها. طبقًا لهذه المعلومات يمكن أن نتنبأ بالجزيئات التى سوف يتفاعل معها منتج جينة المقاومة من أجل إطلاق رد فعل النبات الذى يضع حدودًا لتطور المرض. بالعمل على هذه الجزيئات يمكن لنا أن نطلق آليات الدفاع فى السلالات التى ليس لها جينة المقاومة. ولكن الهندسة الوراثية تسمح أيضا بتجاوز حواجز النوع أو العائلة التى لم يكن من الممكن أن يتجاوزها علم الوراثة التقليدى وبالتالى إدخال هذه المقاومة فى نباتات أخرى غير زهرة العربية. وقد أمكن لنا فيما سبق، بفضل أدوات البيولوجيا الجزيئية والمعارف المكتسبة بفضل هذا التخصص، أن نزود النباتات بمقاومة للفيروسات أو للحشرات.

هناك مجال آخر يمكن للبيولوجيا الجزيئية أن تقدم فيه تحسينات بالنسبة للزراعة هو مجال مقاومة مبيدات الأعشاب الضارة. تؤدى الأعشاب الضارة إلى انخفاضات مهمة فى المحصول ومبيدات الأعشاب هى الوسيلة الأكثر فعالية لمقاومتها. وتسمح مبيدات الأعشاب الانتقائية بتدمير الأعشاب الضارة دون المساس بالنبات المزروع ولكنها مكلفة جدا، واستخدامها حساس ومحدود الفعالية. وقد سمحت الهندسة الوراثية ببناء نباتات للزراعات الكبرى مثل نبات الكولزا أو الصويا التى تقاوم مبيدات الأعشاب الكلية، أى الفعالة ضد جميع النباتات. واستخدام هذه المبيدات فى الحقل الحاضن للبذور لنباتات عابرة الأنواع مقاومة يسمح بالكفاح ضد مجمل الأعشاب الضارة بفعالية كبيرة.

وبالرغم من كل ذلك، توجد مشكلة لا يهتم بها بالضرورة عالم البيولوجيا الجزيئية، وهى مشكلة استمرارية الحلول التى يطرحها. فى حالة النباتات عابرة الأنواع المقاومة للكائنات العضوية الدقيقة المسببة للمرض، فإن النبات المعدل جينيًا سوف يشكل عنصرًا معدلاً فى نظام بيئى وكل تعديل جينى لعنصر ما سوف يستدعى استجابة من الكل ولاسيما من الكائنات العضوية الدقيقة المسببة للأمراض. وفى سكان الكائنات العضوية الدقيقة المسببة للأمراض سيحدث انتخاب للأفراد القادرين على مهاجمة النباتات العابرة للأنواع التى كانت مقاومة من حيث المبدأ. وتواجه علماء وراثة السكان هذه المشكلة منذ وقت طويل، فحين يتم إدخال جينات مقاومة فى نباتات مزروعة بالمنهج الجينى التقليدى. يبين الشكل الأول (من أعمال كلود بوب دو ڤالڤيل Claude Pope de Valvielle تطورًا بين سكان نوع من الفطر المتطفل يسمى Puccinia striiformis مسئول عن الصدأ الأصفر للقمح، وتوافر الأفراد الذين يمتلكون القوة يجعله قادرًا على مهاجمة أنواع مختلفة من القمح تحتوى على مقاومة موضوعة بها. ونلاحظ أن كثافة الأفراد الذين يمتلكون قوة معينة لا يتنوعون بنفس الطريقة فى استجابتهم لاستخدام مصادر مختلفة للمقاومة الجينية. وهكذا نلاحظ أنه بينما V6 الذى يسمح بمهاجمة النباتات التى تمتلك مقاومة YR6 يستجيب مباشرة لزراعة تنوعات YR6 أو لإيقاف استخدامها،

فإن كثافة V9 لا تنخفض مباشرة عندما تنخفض تنوعات YR9. إن زراعة التنوعات التى تمتلك مقاومة YR9 سوف تغير بصورة دائمة النظام البيئى.



شكل (١)

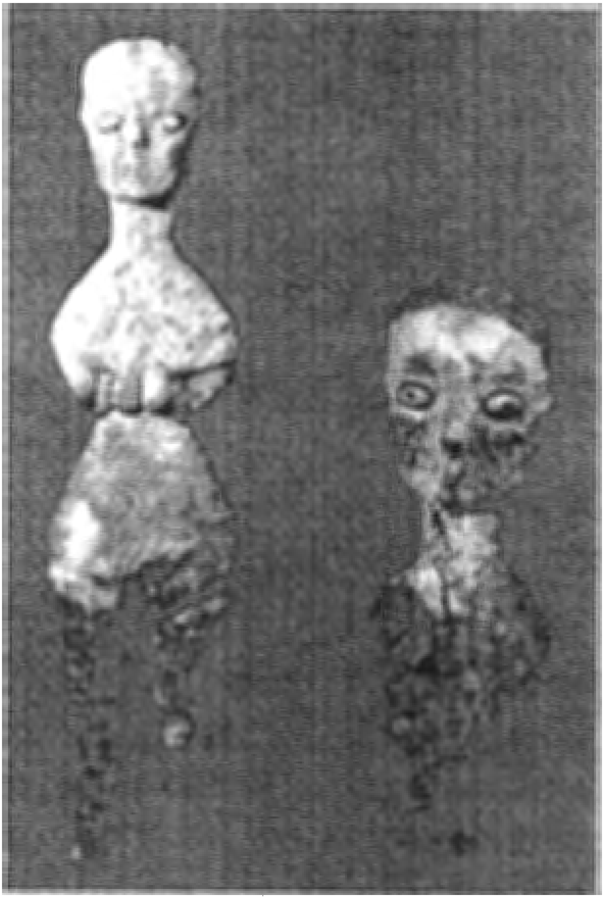
وهكذا ففائدة هندسة المقاومات الجديدة للأمراض ينبغى لها أن تتطور آخذة فى حسبانها احتمال التطور لدى الأجهزة العضوية المسببة لأمراض النبات phytopathogen لأشكال قادرة على تجاوز المقاومة. هذه الاحتمالية لن تكون هى نفسها بحسب البناء المنجز. ففى حالة مقاومة للأعشاب الضارة فإن الاستخدام الممكن لمبيد أعشاب كلى هو الذى من شأنه أن يغير النظام البيئى بانتخاب ظهور الأعشاب الضارة المقاومة. وهناك آلية ذات امتياز خاص لظهور الأعشاب الضارة المقاومة تتمثل فى تبادل الجينات بين النباتات المزروعة والعشب الضار. هذه الفيوض من الجينات هى آليات كبرى فى وراثة السكان. هذه الإمكانيات التى تسمح بنقل الجينات تضع موضع المراجعة فعالية زراعة النباتات المقاومة لمبيدات الأعشاب الضارة نفسها.

فى هذين المثالين، تسمح وجهات النظر المختلفة لعلماء البيولوجيا الجزيئية وعلماء وراثة السكان، بوجه عام، بتغذية الجدل حول جدوى هذه التكنولوجيا الجديدة فى التلاعب بالحى. ويضاف إلى هذا الجدل الاهتمام المولع إلى مبدأ الاحتياط[١١] precaution الذى يطبق فى هذه الحالة على المخاطر المحتملة التى تنجم بشكل أساسى عن استخدام المقاومة للمضادات الحيوية من أجل إنتاج نباتات عابرة للأنواع أو بواسطة التعديلات غير المتوقعة لتحول النبات، الذى قد يؤدى إلى ظهور تحولات سامة. من المهم هنا الإشارة إلى أن دور المعاينة يتغير. لم يعد الأمر يتعلق بجدوى تقنية ولكن بمخاطر محتملة.

الجدوى والمخاطر ليست هى المعايير الوحيدة التى تؤخذ فى الحسبان كى يمكن لجدل الخبراء أن يغذى الجدل الديموقراطى. فى الحقيقة إن إدخال تقنيات جديدة لا يؤثر فقط على بيئة الإنسان وعلى استهلاكه، إنها تتفاعل بقوة مع البنى الثقافية والروحية للمجتمع. ولهذا فإن علماء الأنثروبولوجيا يوجهون انتباهنا إلى الأصداء العميقة التى ستطلقها فى نظامنا القيمى التلاعبات الجينية فى النباتات المزروعة. وبالفعل هناك أبحاث حديثة ناقشها ج. كوفان J. Cauvin فى كتابه **مولد الآلهة، مولد الزراعة ثورة الرموز فى العصر الحجرى المتأخر**، تفترض أن ظهور الزراعة فى العصر الحجرى المتأخر قد سبقته ثورة رموز. يقول كوفان: "إن ما نراه يطرح نفسه لأول مرة فى بلاد الشام فى حوالى ٩٥٠٠ قبل ميلاد المسيح، فى سياق اقتصادى يهيمن عليه الصيد والتقاط الثمار لم يتغير حتى عشية تحوله الكامل، هما شكلان رمزيان سائدان، المرأة والثور، اللذان احتفظا بالنجومية

(١١) القانون ٩٥-١٠١ حول تدعيم حماية البيئة (فرنسا ١٩٩٥)، مبدأ الاحتياط "وبمقتضاه لا ينبغى لغياب اليقين، مع الأخذ فى الحسبان المعارف العلمية والتقنية فى تلك اللحظة، أن يؤخر تبنى إجراءات فعلية ومتناسبة تهدف إلى الوقاية من مخاطر الخسائر الجمة والتى لا إمكانية للرجعة فيها التى تهدد البيئة إلى تكلفة اقتصادية مقبولة". تصريح وزارى للمؤتمر الدولى الثالث حول حماية بحر الشمال (١٩٩٠): "ينبغى على الحكومات الموقعة "تطبيق مبدأ الاحتياط، أى اتخاذ إجراءات من أجل تفادى التأثيرات الضارة المحتملة لمواد (سامة)، حتى وإن لم يكن هناك دليل علمى قائم على العلاقة السببية بين الانبعاثات والتأثيرات".

خلال العصر الحجرى المتأخر وعصر البرونز الشرقيين. (شكل ٢). وبالنسبة لكوفان هذا الظهور للمرأة فى التمثيل الذى يسبق مباشرة ثورة العصر الحجرى المتأخر يعد بمثابة دين جديد ذى آلهة فى شكل إنسان. وبواسطة هذا الدين الجديد، تعرف الإنسان على نفسه، بطريقة ما، فى كل ما يحيط به، بما أن مبدأ موحدًا ومشخصًا يوفق على مستوى النشأة الرمزية بين الإنسان العينى والطبيعة التى يواجهها هو الخالق الذى خلق كلاً من الإنسان والطبيعة.



الشكل (٢)

وهذا يعنى إلى أى درجة تكون العلاقات بين الإنسان والزراعة مكون لتصور للعالم ومجاله الدينى، وإلى أى مدى تقلب التغيرات المتسارعة التى تجرى تحت أعيننا فى الزراعة، الطريقة التى يضع بها الإنسان نفسه فى الكون. ومع التلاعبات الوراثية وإضفاء الطابع الأداتى على ما هو حى يتغير بعمق الرباط بين الإنسان والطبيعة المتمثل فى المجال الدينى للإنسان ويتغير بصورة واعية وسريعة. فالغذاء، حتى وإن كان مصنعًا، يحقق بصورة ملموسة ويومية هذا الرباط بين الإنسان والطبيعة، الذى تدمر الكائنات العضوية المعدلة جينيًا شفافيته. ستغذى وجهات النظر المختلفة التى وضحناها سالفًا الجدل الديموقراطى. واتخاذ القرار السياسى بخصوص السماح بزراعة النباتات عابرة الأنواع، وخصوصًا لكونها متصلة بسلالم من القيم والحساسيات الفلسفية والسياسية للمواطنين. وهم سيضفون شرعية على هذه الاختلافات فى الحساسية وسلالم القيم. وهكذا فإن رأى علماء البيولوجيا الجزيئية المجندين للتلاعبات الجينية هل سيجد صدى لدى شريحة السكان الأكثر ارتباطًا بالتقدم التكنولوجى. وعلى العكس، إنه لأمر بالغ الدلالة أن الإيكولوجيا تشير إلى تخصص علمى وفى الوقت نفسه إلى حساسية سياسية.

يمكن لنا أن نتساءل لماذا يُعدُّ علماء البيولوجيا البيئة عمومًا مجندين لاستخدام كائنات عضوية معدلة جينيًّا. إن تخصصهم العلمى نفسه والذى موضوعه هو توحد العامل الجزيئى للوراثة مع الآليات التى بواسطتها تترجم المعلومة الوراثية إلى خصائص تشريحية، يؤهلهم إلى هذا التعامل الأداتى مع الكائنات العضوية الحية الذى تمثله الهندسة الوراثية. ولكن كان يجب أن يخترع هذا العلم الأدوات الملائمة، على سبيل المثال فى عالم النبات أدوات ناتجة عن أبحاث معمقة حول بكتيريا قادرة على أن تحقق جزءًا من حامضها النووى فى النبات الذى تصيبه. إذن يؤثر التخصص كما يؤثر التطور التكنولوجى الذى يرافقه وبالقدر نفسه فى الباحثين يجعلهم مجندين للتلاعب فى الكائن الحى. أحد الأسباب هو بلا شك أن التطورات التكنيكية قد أدت إلى تكوين مركب علمى – صناعى تنسجه روابط متعددة فكرية ومالية. ومن المهم الإشارة، على العكس، أن جاك مونود

Jacques Monod أحد مؤسسى هذا العلم يختتم كتابه **مقال فى الفلسفة الطبيعية للبيولوجيا الحديثة** بمديح لأخلاق المعرفة التى تحدد قيمة متجاوزة، هى المعرفة الحقة، وتقترح على الإنسان ليس استخدامها ولكن، من الآن فصاعدًا أن يخدمها، عبر اختيار طوعى وواع.

إذا كان جدل الخبراء فقط هو الذى يُبلَّغ للمواطنين فإن الجدل الديموقراطى سوف يحسم أمره بشأن هذه النتائج على الحساسية السياسية لكل فرد وعلى مصالحه وموقعه فى المجتمع. الجدل الديموقراطى، إن حدث، سوف يعكس أساسًا الميدان الذى يتم فيه استقبال المعلومات. إن ثروة المعلومات التى تقدمها عملية المعاينة نفسها سوف يتم فقدها. وعلى العكس إذا كانت المعلومات المنقولة للمواطنين تحاول أن تحيط بالجدل بين الخبراء وبتعدد وجهات نظرهم، فإن كل مواطن سيجب عليه أن يقوم بنفسه بعمل تأليفه الخاص بمواجهة وجهة نظره الخاصة بمجمل المعلومات التى يقدمها الخبراء. إن ثراء المعلومات المنقولة سوف يؤدى إلى ثراء أكبر فى رد فعل كل فرد وضرورة أن يبلور كل فرد تأليفه الخاص انطلاقًا من معلومات متعددة سوف يؤدى به إلى أن يتبنى تنوعًا أكبر فى وجهات النظر وسوف يقبل بسهولة مراجعة رؤيته الخاصة، بل حتى مراجعة سلم القيم لديه. وهناك مثال جيد على هذه المحاولة فى توصيل جدل الخبراء نفسه إلى المواطنين وليس نتائجهم فقط، هو مؤتمر المواطنين من ذلك النوع الذى نُظِم فى فرنسا عن الكائنات الحية المعدلة جينيًّا فى يونيه ١٩٩٨. ولكن من البديهى أن يطرح حينئذ السؤال عن وسائل التوصيل باتجاه المواطنين لسجالات الخبراء هذه. إن دور الصحافة والتليفزيون ووسائل الاتصال الجديدة يمكن أن يكون مهمًّا.

إن اكتشاف الصلات بين نظم القيم ووجهات النظر العلمية يمكن أن يقود المواطن إلى أن يعد أحكامه الخاصة كمراحل فى مسار للإمساك بالواقع. المسيرة العلمية تعتبر بالتأكيد أن تنوع وجهات النظر أمر مشروع، بل تعتبره لا غنى عنه لتقدم المعرفة وكان بول ڤاليرى Paul Valéry يقول: "إن وجهة نظر هى دائمًا

خاطئة". ولكنها لا تتوقف عند هذا الحد وتستهدف ما هو عام فى ضرورة القوانين التى تصوغها.

فى الجزء الثانى من مقالى، أود أن ألمح إلى أن المعاينة العلمية هى وسيلة فعالة لجعل المسيرة العلمية أكثر اقترابًا من المواطن.

بواسطة المعاينة العلمية، ليست نتائج المسيرة العلمية وحدها، كما رأينا، هى التى تغذى الجدل الديموقراطى، ولكن المسيرة العلمية نفسها التى يمكن أن تنقل قيمها إلى الجدل الديموقراطى وإلى الحياة فى المدينة.

نقطة أولى ينبغى التشديد عليها هنا هى أن المسيرة العلمية ليست لها طبيعة متجانسة بشكل عميق بالنسبة للعمليات المباشرة للإمساك بالواقع. بالنسبة لجاك مونود المسيرة الأساسية للعلم هى البحث عن الثوابت. "إن الاستراتيجية الأساسية للعلم فى تحليل الظواهر هى اكتشاف الثوابت invariantes؛ كل قانون فيزيائى، مثل أيضا كل تطوير رياضى، يحدد علاقة ثبات؛ الاقتراحات الأكثر أساسية للعلم هى مسلمات كلية للحفظ. من السهل أن نرى، فى كل مثال نود اختياره، إنه بالفعل من الصعب تحليل ظاهرة ما بمصطلحات أخرى غير مصطلحات الثوابت المحفوظة بواسطة هذه الظواهر.

والحال أن الإمساك بالواقع المباشر يقوم هو أيضا على وجود ثوابت، وروابط ثابتة بين عناصر إدراكاتنا التى بدونها ستكون إدراكاتنا نفسها مستحيلة. "إذا كان الكبريت القرمزى cinabre (سلفات الزئبق) أحيانًا أحمر وأحيانًا أسود، أحيانًا خفيف وأحيانًا ثقيل. إذا تحول الإنسان إلى حيوان ما وأحيانًا إلى آخر. إذا كان فى يوم طويل تغطت الأرض أحيانًا بالثمار، وأحيانًا بالثلج والجليد، فإن خيالى التجريبى لا يمكنه أبدًا أن يجد فرصة لأن يتلقى فى الفكر الكبريت الثقيل مع تمثيل اللون الأحمر، أو إذا تم عزو كلمة معينة إلى شىء أو أحيانًا إلى آخر، أو إذا كان

نفس الشيء قد تم تسميته أحيانًا بطريقة وأحيانًا بأخرى دون أن يكون هناك أى قاعدة محددة تخضع لها الظواهر من ذاتها، فإن أى تأليف تجريبى لإعادة الإنتاج لا يمكن له أن يحدث". بالنسبة لموريس كلاڤيل Maurice Clavel الذى يعلق على هذه الفقرة: "كل حدث فى حد ذاته، كل ظاهرة، كل موضوع ليس بسيطًا، هو نفسه رابطة وتأليف.. وتجميع لعناصر، لأجزاء، وبوجه خاص لخصائص حسية. إذن، إذا كانت الصدفة هى السائدة فإنها تسود فى كل مكان. وينبغى إذن أن تسود أيضا وبوجه خاص على هذا التجميع لخصائص حسية: أى الوزن الثقيل واللون الأحمر للكبريت لا يمكنه أبدًا أن يتمم تجميعًا مستقرًّا، بحيث إن الكبريت بوصفه كذلك، لن يكون فقط غير معروف، بل لن يتم إدراكه أبداً". هنا - تظهر الصلة بين الإدراك والعلم. "العلم ليس ممكنًا وجيد التأسيس إلا إذا استفاد من باب المعرفة، من هذا التفكير المسبق الذى بسببه يقتضى مجرد الإدراك؛ فى نسيجه، ليبدو لنا، الفهم أو على الأقل نظامًا وقوانين وقواعد متحدة فيما بينها".

إلا أنه فى الإدراك المباشر يوجد تواكب وثيق بين الفهم وقواعده والإمساك بما هو واقعى؛ فى المسيرة العلمية يوجد ذهاب وإياب مستمرين يعبر عنه فى النظريات، فى النماذج التى هى عمليات إعادة بناء/ ومقاربات متعاقبة لتناول الواقع.

فيما يبدو لى أن عملية المعاينة يمكن بهذه المسيرة فى الإمساك بالواقع بواسطة العلم أن تُدرك على أفضل وجه، وتكون قريبة من الجمهور. فى عملية المعاينة يوجد سؤال مطروح، وضع طارئ يدركه الجمهور. بالنسبة للباحث المنخرط فى العلم "الخالص" لأقصى حد، يكون السؤال المطروح أيضا ملحًّا بشكل دائم ولكن فى العادة هذا الشعور بالإلحاح لا يشاركه فيه الجمهور. هذه المسيرة فى التساؤل العلمى لا تظهر أمام المواطن، إما لأن السؤال المطروح يبدو له مجانيًّا، وإما لأن الهم فى توصيل العلم فى حالته النهائية يجعلنا نميل أكثر إلى تقديم النتائج التى توصل إليها الباحثون وليس سؤال البداية. وعلى العكس فى عملية المعاينة، سوف يدرك الجمهور أن محرك المسيرة العلمية هو التساؤل، ومسافة فاصلة عن الإدراك المباشر للواقع. بالإضافة إلى أنه فى المشكلات الخاضعة للمعاينة العلمية

على سبيل المثال، مشكلة زراعة الكائنات العضوية المعدلة جينيًا تظهر الرهانات العلمية فى كل حدتها. إن الجدل حول المعاينة يبين المصلحة فى أسئلة كانت تبدو فيما قبل أكاديمية، على سبيل المثال أسئلة عن تبادل الجينات بين النباتات فى مستعمرات نباتية، ولاسيما بين النباتات المزروعة والنباتات البرية.

فى مسيرة المعاينة، يكتشف المواطن أن السمة التى لا غنى عنها فى الغالب للنماذج العلمية التى هى عمليات إعادة بناء قريبة من الواقع، والتى تدعو مظاهر القصور فيها إلى بناء نماذج تدمج معطيات جديدة. لقد رأينا أيضا أن هناك فى المعاينة، كما فى العلم "الخالص" تنوعًا فى وجهات النظر. هذا التنوع يسمح بتناول تدريجى متناقض يتكون من ذهاب وإياب بين الواقع المستهدف كشفه والفروض والنماذج التى سوف تشكل المنتج النهائى للمعاينة.

هذا الذهاب والإياب الذى يعد من مكونات العلم يمكن أن ينقطع. وفى هذه الحالة يحدث انفصال دائم والنظرية بدلاً من أن تكون أداة فى خدمة رؤية الواقع تصبح شمولية وإيديولوجية.

وأستشهد هنا مرة أخرى بجاك مونود: "كان الفكر الغربى منذ مولده، فى الجزر اليونانية، منذ حوالى ثلاثة آلاف عام، منقسمًا بين اتجاهين متعارضين فى الظاهر. وطبقًا لإحدى هذه الفلسفات لا يمكن للواقع الحقيقى والنهائى للكون أن يستقر إلا فى صور جامدة تمامًا وثابتة فى جوهرها. وبحسب الفلسفة الأخرى، الأمر على العكس، الواقع الوحيد فى الكون يكمن فى الحركة والتطور. من أفلاطون Platon إلى وايتهيد Whitehead ومن هيراقليطس Héraclite إلى هيجل Hegel وماركس Marx. من البديهى أن هذه النظريات الميتافيزيقية فى المعرفة كانت دائمًا وثيقة الصلة بالأفكار الأخلاقية والسياسية لأصحابها. هذه الصروح الإيديولوجية التى تقدم بوصفها معارف قبلية كانت فى الواقع أبنية بعدية موجهة لتبرير نظرية أخلاقية – سياسية تم تصورها سلفًا.

والمادية الجدلية أحد هذه الصروح الإيديولوجية التى قادت ليسنكو

Lyssenko إلى إنكار نظرية الجينات بوصفها محددات وراثية ثابتة عبر الأجيال. ويمكن أن نقول أيضا إن إلحاحًا حصريًا بصورة مبالغ فيها حول التنافس بين الأنواع أو الأفراد من أجل تفسير التطور، المستلهم بلا شك من النظريات الاقتصادية فى هذه الحقبة، هو الآن يستخدم باسم العلم لتبرير صراع ضار من أجل الحياة فى المجال الاقتصادى.

ينبغى إذن أن يقترن العلم بصورة مباشرة بزهد عقلى للتحقق من أن تفسيره للوقائع، وتنظيره لا يتم فى خدمة إيديولوجيا. هذه القاعدة العقلية تبدو لى مدعومة فى مسيرة المعاينة. هنا تصطدم النظرية المبلورة داخل تخصص معين ومستخدمة للتنبؤ بتطور على سبيل المثال، بوجهات نظر مختلفة لتخصصات أخرى، التى سمح لها بإدراك جوانب أخرى لنفس الواقع وبالتالى تقوم بتنبؤات أخرى. وهنا بما أن الأمر يتعلق باتخاذ قرار، لا يمكن لتخصص أن يزعم عزل نفسه. بالإضافة إلى أن مسيرة المعاينة تؤدى أو عليها أن تؤدى إلى التواضع، لأن إلحاحية السؤال المطروح تضطر إلى تقديم إجابة رغم كل مناطق عدم اليقين فى المعرفة.

يبدو أن هذه الرؤية للعلم فى مساره تغذى تعددية وجهات النظر وملزمة أن تقول شيئًا وهى تعلم أن إجابتها ذات طبيعة مؤقتة. تقدم نموذجًا جيدًا للحياة الديموقراطية نفسها.

التساؤل، وضع العقل فى خدمة إدراك الواقع العينى، ضرورة تعددية وجهات النظر، الطبيعة المؤقتة للمعرفة، هذه هى خصائص المسيرة العلمية التى تعرضها عملية المعاينة على المواطنين والتى يمكنها أن تفيد فى إلهام الجدل الديموقراطى وحياة المدينة. القلق الدائم للباحث، وبحثه عن أسئلة جديدة ينبغى لها أن تكون سمات دائمة للحياة الديموقراطية بوصفها ترياق ضد رضا الأقوياء. إن الإغواء الإيديولوجى الذى ينبغى للعلم أن يحصن نفسه ضده، حينما يدور العقل حول نفسه دون أن يواجه على الدوام الواقع التجريبى، هذا الإغواء هو أيضا إغواء المجتمع المدنى. لأنه إذا كانت هناك أرض يمكن للصروح الإيديولوجية

المقدمة بوصفها قبلية هى فى الواقع أبنية بعدية موجهة بتبرير نظرية أخلاقية - سياسية متصورة سلفًا، فهى أرض الحياة المدنية.

إن تعددية وجهات النظر التى تسمح وحدها بالتناول المثمر للوقائع المعقدة مثل تلك الخاضعة للمعاينة العلمية هى بداهة ضرورة حيوية للحياة الديموقراطية. ولنعد إلى الاستشهاد المقتبس من بول ڤاليرى، إن وجهة النظر هى دائمًا خطأ، إنها تصبح أكثر خطأ بقدر ما تكون مفروضة بصورة خبيثة إلى حد ما؛ بواسطة أى ديكتاتورية كانت. وينبغى هنا أن نضيف أن النظريات العلمية نفسها يمكن أن تمارس ديكتاتورية.

أخيرًا، وكما هو الحال فى مسيرة المعاينة، يتعلق الأمر بإعطاء إجابات فى غياب اليقين، فإن حياة المدينة هى أيضا موقع لاتخاذ قرارات فى حالة طوارئ مع الاعتراف بالطبيعة المؤقتة للإجابة المقدمة. وهكذا فإن مسيرة المعاينة بتقريبها العلم من المواطن يبدو أنها تمنح دورًا جديدًا للعلم فى المدينة. بعد زمن الثقة، الذى كان بلا شك نقديًّا بصورة غير كافية، فى نتائج العلم لكى تقدم حلولاً لمشاكل البشر، ربما سنكتشف أو نعيد اكتشاف أن مسيرة العلم، بنفس القدر وربما أكثر، لديها ما تعلمنا إياه.

المراجع

1. ROQUEPLO (P.), *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*, Paris, Sciences en question INRA Éditions, 1997.
2. CAUVIN (J.), *Naissance des divinités. Naissance de l'agriculture. La révolution des symboles au néolithique*, Paris, CNRS Éditions, 1997, p. 46.
3. MONOD (J.), *Le Hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris, Le Seuil, 1970, p. 133-134, 222.
4. KANT (E.), *Critique de la raison pure*, Paris, PUF, 1944, p. 112-113.
5. CLAVEL (M.), *Critique de Kant*, Paris, Flammarion, 1980, p. 457 et suiv.

– CHEVALLIER-LE-GUYADER (éd.), *Organismes génétiquement modifiés à l'INRA : environnement, agriculture et alimentation*, Paris, INRA, 1998.
– LATOUR (B.), *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, Paris, La découverte, 1999.
– *Les plantes transgéniques. Enjeux et risques.* Lettre du Département des sciences de la vie du CNRS, avril 1997.

العلم التقنى
بين رهاب التكنولوجيا والولع بها[١٢]

بقلم: جلبير أوتوا

Gilbert HOTTOIS

ترجمة: د. أنور مغيث

فى سنوات ١٩٥٠ كان بيير دوكاسيه Pierre Ducassé فيلسوف ومؤرخ التقنية، يؤكد على صعوبة التفكير فى التقنية بالنسبة للفلسفة، وكان يصف فى الوقت نفسه ثلاثة اتجاهات نمطية وإن كانت غير ملائمة: معاداة التكنولوجيا والولع بالتقنية واللامبالاة. وقدّم الاتجاه الأول بوصفه نابعًا من "تراث قديم جدا من الحذر تجاه ما هو مصطنع" والثقة فى "النظام الطبيعى"، والذى نهل منه كثير من المفكرين التاريخيين والمعاصرين. وكان يرى أن الولع بالتكنولوجيا "هو من حيث تعريفه خارج الفلسفة". بما أنه ينطلق من مُسلّمة أن هناك حل تقنى لكل مشكلة، متبنيًا بذلك موقفًا انتحاريًا من الناحية الفلسفية، وهو للأسف موقف مميز لعدد كبير من المفكرين الذين يتناولون التقنية بطريقة وضعية. أما فيما يتعلق باللامبالاة فإنها تقوم على وهم "حياد التقنية المزعوم"، حياد الوسائل الذى بلا أهمية بالنسبة للفلسفة المهمومة بنظام الغايات. فاللامبالاة تصادر قبليًا على كل مناقشة حول سؤال التقنية الذى هو فى نظرها بلا معنى.

ويلاحظ جان إيف جوفى Jean Yves Goffi فى تقديمه لفلسفة التكنولوجيا: "أن إحصاء المؤلفين الذين يوضعون فى القائمة الطويلة لرهاب التقنية المعاصر لا نهاية له" وهذا الحكم ينطبق بوجه عام على الفلاسفة والمثقفين الفرنسيين.

---

(١٢)نص المحاضرة رقم ١٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١٩ يناير ٢٠٠٠.

رهاب التقنية واستقلال العلم التقنى technoscience

منذ منتصف القرن العشرين أثَّر مفكران فى فكر التقنية وهما جاك إيلول Jacques Ellul ومارتن هيدجر Martin Heidegger، المفكر الأول سوف يصبح بمثابة صورة نمطية من موقف معاد للتقنية وكاره لها، متهمًا إلى درجة الكاريكاتورية جانبًا من التقنية المعاصرة: الاستقلالية الممنوحة لتطورها. فقد كتب عام ١٩٥٤ فى **التقنية أو رهان القرن**: "التقنية مستقلة [...] أولاً بإزاء الاقتصاد والسياسة [...] التقنية تضع شروط التغيرات الاجتماعية السياسية والاقتصادية وتحض عليها، وهى محرك كل ما تبقى، رغم المظاهر ورغم كبرياء الإنسان الذى يزعم أن هذه النظريات الفلسفية ما زال لديها قوة مؤثرة وأن أنظمته السياسية حاسمة فى التطور [...] الاستقلال يتجلى إزاء الأخلاق والقيم الروحية. الأخلاق تحكم فى المشكلات الأخلاقية، أما فيما يتعلق بالمشاكل التقنية فلا شيء أمامها تقوم به [...] الإنسان يشترك أقل فأقل بصورة نشيطة فى خلق التقنية التى تصبح نوعًا من القدرية بتكوينات آلية من عناصر سابقة".

يتضمن استقلال التقنية أن:

- ما هو ممكن تقنيًا سيتحقق فى حركة من النمو الذاتى بدون هدف خارج ذاته؛ والبشر ليسوا إلا عوامل تطبق هذا الأمر التقنى القطعى.
- مفهوم التقنية بوصفه مجموعة من الوسائل فى خدمة الإنسان هو أسطورة.
- العلم التقنى واحد وعام وشامل وعابر بالنسبة للثقافات، فبالفعل –التقنية كوكبية–، والقوانين العلمية، عن حق، كونية عامة. المنطق التقنى العلمى الذى يختار لكل مشكلة الحل الأكثر فعالية يفرض نفسه فى كل مكان كما هو، رغم تنوع الثقافات والتقاليد التى يوظفها فى خدمته أو يلغيها؛ فهو إذن شمولى.
- التقنية والعلم لا يمكنه ما تشكيل ثقافة أصيلة، لأنهما يقدمان حلولهما وكأنهما ضرورتان دون أن يتركا مكانًا لحرية اختيار بين ممكنات؛ إن ثقافة حقيقية هى دائمًا رمزية وتراثية متجذرة فى تاريخ ومكان محددين.

- التقنية إذن معادية للإنسانية، ولا حل سوى فى العودة إلى التراث، إلى حضارة الرمز والكلمة المسماة الحضارة المسيحية.

"إن ثقافة تقنية هى مستحيلة أساسًا" هذا ما يشدد عليه إيلول فى عام ١٩٨٧ وهذا التعبير يمثل "إسرافًا فى المعنى وتعبيرًا بلا معنى".

نقد أسطورة استقلالية العلم التقنى

إن نقد أطروحة استقلال العلم التقنى قد تم بلورته أساسًا انطلاقًا من اتجاهين فلسفيين مهمين: الفينومينولوجيا ومدرسة فرانكفورت.

من وجهة نظر الفينومينولوجيا، تعبر هذه الأطروحة عن وهم خطير، ينكر ما يتصف به العقل والحياة من ذاتية وتفاعل بين الذوات، وهى مصادر كل علاقة بالعالم بما فيها المقاربة التقنية العلمية التى تقدم نفسها على أنها موضوعية ومستقلة. ومؤخرًا أعاد ميشيل هنرى Michel Henri تجديد هذا النقد فى مذهبه عن فينومينولوجيا الحياة الذى يصف فيه الحضارة التقنية العلمية وكأنها "همجية" نابعة من محاولة من الحياة أو من الذاتية للتنكر لذاتها بتحويل نفسها إلى موضوعية من أجل ألا تعيش معاناتها وقلق شرطها. "حياة تنفى ذاتها بذاتها، النفى الذاتى للحياة، هذا هو الحدث العظيم الذى يحدد الثقافة المعاصرة بوصفها ثقافة علمية". إن إضفاء الطابع الاستقلالى على التقنية هو المولود الأخير لعملية ترجع على الأقل إلى تأسيس العلم الحديث الرياضى والتقنى الذى بدأ بوضع الذاتية بين قوسين. من وجهة النظر الفينومينولوجية إرادة الاستقلال إزاء الذاتية (البينية) محكوم عليها بالفشل والاعتقاد فى مثل هذا الاستقلال للعلم وللتقنية خطأ. هذا الخطأ والمأزق الذى يؤدى إليه من عوامل إفقار الإنسانية بل من عوامل موتها.

ومن منظور الفلسفة السياسية والاجتماعية المستلهمة من مدرسة فرانكفورت وكذلك من منظور التيار السوسيولوجى للبنائية constructivisme الاجتماعية للعلوم والتقنيات والذى ازدهر فى الولايات المتحدة انطلاقًا من سنوات ١٩٨٠،

يجدر إدانة أطروحة استقلال العلم التقنى لأنها وعى زائف تروجه بعض الشرائح فى المجتمع التى تجد فيه مصلحتها، أكثر منه وهم بائس مرتبط بمصير الوعى الغربى. التطوير التقنى العلمى تم دائمًا اختياره والتخطيط له بواسطة البشر بطريقة سياسية واقتصادية وقانونية. إن إيديولوجيا استقلال هذا التطوير تلعب فى صالح أقلية اجتماعية ما تعرف بأنها "تكنو - رأسمالية" وتبرؤها من النتائج السلبية المحتملة للتقدم التقنى العلمى فى نظر باقى المجتمع. يتمثل الرهان حينئذ إذن فى النظر إلى أولئك الذين يعانون هذه الحركة دون القدرة على اتخاذ القرار ولا على إبراز مصالحهم. ينبغى إعادة امتلاك التطوير التقنى العلمى من قبل المجتمع بأسره وأن يقوم بالاختيارات التى توجهه كل المهتمين الذين تصل إليهم المعلومات بشكل متساو. والاختيارات يجب أن تتم على ضوء العقل العملى الذى يعبر عن نفسه من خلال المناقشة المزودة بالحجج العامة والحرة. والأمر يتعلق بمثل أعلى لا يمكن تنفيذه "هنا والآن" ولكنه ألهم ويلهم دائمًا خطابنا ومواقفنا. لا توجد إذن ضرورة ولا قدرية ولا آلية فى التطور التقنى العلمى. ولكن يوجد فقط قرارات جماعية واعية إلى حد كبير، وعقلانية وبلا ضغوط. وتفترض الفلسفة السياسية والاجتماعية المسلتهمة من أعمال آبل Apple وهابرماس Habermas أن هذه القرارات يمكن وينبغى لها أن تصبح عقلانية أكثر فأكثر أى عامة وتحترم مصالح كل البشر. هذه العقلانية الكونية سمة تميز الحداثة المسماة "بالإنسانية" التى يواصلها جزء مهم من الفلسفة الاجتماعية والسياسية المعاصرة.

ولكن نقد أطروحة استقلال العلم التقنى لا يتضمن بالضرورة مثل هذا الموقف. ويرى أيضا فلاسفة من ذوى الاتجاه الجمعى أو ما بعد الحداثيين أن اتجاهات التطوير العلمية التقنية تنتج عن قرارات جماعية. ولكنهم مع ذلك يعتبرون أن جماعات مختلفة يمكن أن تقوم باختيارات علمية تقنية واجتماعية متنوعة، وأن الاختيارات واسعة إلى حد كبير ولكنها ليست عامة. والأمر العقلانى الذى يقترن من حيث المبدأ باستهداف ما هو كونى وهو نفسه ليس إلا الإيديولوجية الخاصة بتراث غربى معين، أى بجماعة معينة لم تتوقف عن مد سيطرتها على

الإنسانية خلال العصور الحديثة بمساعدة المعارف والقدرات التكنوعلمية. كل هذه الفلسفات الاجتماعية والسياسية أدانها جاك إيلول الذى لا يرى فيها سوى توضيحات متنوعة وماكرة للعقلانية التقنية.

رهاب التكنولوجيا عند هيدجر

يتضمن تصور هيدجر رد فعل تجاه العلم التقنى المعاصر مشابهًا لموقف جاك إيلول. ففى كتابه "مقالات ومحاضرات"، الذى يتضمن النص الشهير المعنون "مسألة التقنية" والمنشور عام ١٩٥٤ يقول ما هو جوهرى بخصوص المعنى العميق للتقنية البدائية والمعاصرة. يفسر هيدجر التقنية أو العلم التقنى المعاصر بوصفها حصيلة نهائية لتاريخ الوجود. الذى هو، ببساطة، تاريخ الطريقة التى أجاب من خلالها الإنسان، فى الغرب منذ ٢٥٠٠ سنة، على سؤال الفلسفة الجوهرى: ما الوجود؟ ما معنى الوجود؟ وعلى هذا كانت هناك إجابة أولى، أصلية وحقيقية، وصلت إلينا منذ فجر الفلسفة اليونانية، وهى: الوجود هو الطبيعة. الطبيعة هى ما ينمو، ويزدهر ويكشف الحجاب عن ذاته. الوجود بوصفه طبيعة، الطبيعة تحتوى الكل بما فيه الإنسان، لأن الكل لا يزدهر ولا يعمل انطلاقًا من ذاته. التقنية هى هذه المعرفة والعمل الخاصين بالإنسان الذى عليه أن يساعده على ازدهار وعلى الكشف عن كل ما هو، فى داخل الطبيعة، يحتاج لمساعدة الإنسان. هذه المساعدة التقنية ينبغى أن تحترم ذلك الذى تساعد على المجىء إلى ضوء الوجود. من حيث الأصل، الطبيعة إذن هى التى تمنح الإنسان دورًا مقترنًا بالتقنيات.

ولكن عبر التاريخ الغربى، ومن خلال التأسيس الأفلاطونى للمثالية وللعلم النظرى المنفصل عن النشاط التقنى، وعبر التأسيس الديكارتى للعلم الحديث الذى يشدد على مشروع التحكم فى الطبيعة والسيطرة عليها من قبل الذات الإنسانية ويُعلى شأن الحساب على شأن اللغة، وأخيرًا من خلال العدمية النيتشوية التى تجعل من كل قيمة تابعة لقرارات الذوات الحرة فى العمق لكن هذه الذوات مازالت

غير قادرة على أن تستهدف أى شيء سوى تنمية القوة ووسائل إنجازها، ضاع فى غمار كل هذا المعنى الأصلى للتقنية. إن العلم التقنى المعاصر لم يعد إلا التحقيق المادى الإجرائى لمشروع السيطرة المطلقة والشمولية التى تسم الميتافيزيقا. وهذه الميتافيزيقا تستبق، تحت الشكل التأملى والرمزى للمعرفة النظرية المطلقة، العلم التقنى المعاصر. وفى نهاية هذا التاريخ ماذا لدينا؟

مفهوم للطبيعة physis منظورًا إليها على أنها موضوع وعمليات، ومختزلة إلى رصيد من الطاقة والمواد القابلة للاستغلال دونما حد؛ ومفهوم للتقنية بوصفها مجموعة من الوسائل المسخرة للمخططات الإنسانية فى التلاعب والاستغلال الكونيين؛ وينطبق ذلك أيضا على الإنسان بوصفه جزءًا من الطبيعة المموضعة والإجرائية. هذا هو المفهوم المركزى العرقى والأداتى للتقنية، المرتبطة بإيديولوجيا النزعة الإنسانية الحديثة والعدمية المعاصرة.

هذا الاختزال لعلاقة الإنسان بما هو موجود إلى مجرد علاقة تلاعب عشوائى هى نتيجة لنسيان الوجود ولمعناه الذى يقترن بانسحاب الوجود. فى الحقيقة الإنسان مستمر فى انتمائه للوجود، لكن لم يعد يعرف ذلك. وهو فى آن يصنع ويتحمل هذا التاريخ الذى أدى بنا من التقنية الأصلية إلى العلم التقنى المعاصر. ويشير هيدجر إلى جوهر هذا العلم التقنى بكلمة Gestell التى تشير إلى فكرة البنية والنظام الذى يشمل ويسيطر ويعبئ كل شيء من أجل أدائه واتساعه الذى يحيل إلى ذاته، بما فى ذلك الإنسان نفسه. بهذا المعنى يمكن الحديث عن استقلال التقنية عند هيدجر. فهو من حيث الظاهر ليس إلا أداة فى خدمة الإنسان، لكنها تسخر الإنسان بقدر ما تسخر الطبيعة. إنها تدفع الإنسان إلى الاستغلال غير المحدود للطبيعة ولذاته. ولكن هذا الاستغلال هو فى الوقت نفسه وهم. يبقى العلم التقنى تابعًا للوجود، أو بتعبير أكثر دقة، إنها الصيغة الأكثر اغترابًا وتغريبًا لعلاقة الإنسان بالوجود فى وقتنا الحالى. وهى بشكل جذرى الطريقة غير الأصيلة التى يجيب بها الإنسان، من الآن فصاعدًا، على سؤال الوجود ومعناه: من خلال إخفائه

تمامًا ومن خلال وضع نشاطه التلاعبى والحاسب والمسيطر واللامبالى بأى هبة للمعنى محل تأمله التذكرى.

ما المخرج من هذا المأزق التاريخى؟ إن الخلاص ليس متوقفًا على الإنسان وحده الذى لا يسعه سوى أن ينتظر قدوم المعنى أو عودته. لا ينبغى بداهة البحث عن الحل فى التقنية. فالخلاص فى فكر جديد وكلام جديد يعود إلى احترام اللغة التراثية والاستماع التأويلى herméneutique إليها. ويظل الخطر الأكبر كامنًا فى الإدراك التقنى العلمى أو التقنى للغة نفسها من خلال تطوير اللغات الاصطناعية والمعلوماتية والسيبرنطيقية المنقطعة الصلة تمامًا عن أصلها التراثى والطبيعى. لأن اللغة هى، فى نهاية الأمر، وجود الإنسان ومقر الوجود العام. وفى الخلاصة، ينتقد هيدجر بحيوية العلم التقنى المعاصر الذى يعبر عن ذروة ضياع الإنسان وعن تخلى الإنسان عن كل ما له معنى وقيمة وتخلى كل ما له معنى وقيمة عن الإنسان: الوجود، الطبيعة، الله... إن هيدجر أقرب إلى نزعة أنصار البيئة الجذرية l'écologie profonde من النزعة البراجماتية العلمية التقنية والمركزية الإنسانية.

وكما هو الحال مع إيلول ومفكرين آخرين فإن الكلمة الأخيرة تكون للغة، لأن الإنسان هو الموجود عن طريق اللغة، والحيوان الرمزى، والذى لن يجد خلاصًا إلا فى التحمل الرمزى لوضعه، وليس فى إعادة التكوين الإجرائية اللانهائية لهذا الوضع. ولكن، خلافًا لإيلول، يظل هذا الخلاص الرمزى، لدى هيدجر، غير محدد: إنه لا يحبذ تراثًا بعينه، مثل الدين المسيحى، لأن طرق اللغة لا تحصى ولا تعد.

فلسفة مولعة بالتقنية وإنسانية

فى نهاية سنوات ١٩٥٠ قدم الفيلسوف جيلبير سيموندون Gilbert Simondon أطروحاته عن التحول إلى الفردية ولا سيما فى كتابه "عالم وجود الموضوعات التقنية"، الذى يظهر موقفًا مولعًا بالتقنية وإنسانيًا معروضًا بالتفصيل

فى مؤلفات لاحقة، ولا يسقط فى الانحرافات الاختزالية الخاصة بنزعة التشيع للتقنية والنزعة العِلموية. يعرض سيموندون لكراهية التقنية ونزعة معاداة التقنية بوصفها ثقافة مخلة وغير موافقة للزمان، وهو ما يشبه التشخيص الذى طرحه س. ب. سنو C. P. Snow فى محاضراته عن "الثقافتين" (الأدبية والعلمية) فى عام ١٩٥٩. الثقافة التقليدية، ذات الهيمنة الأدبية، والمستمرة فى تكوين النخب، ليست ملائمة للاستيعاب والضبط الاجتماعيين للعالم التقنى العلمى المعاصر. إنها تحتوى تمثيلات للتقنية ولعلاقة الإنسان بالعالم الطبيعى والتقنى تم تجاوزها، مثل على سبيل المثال تمثيل التقنية فى صورة حقيبة أدوات ضخمة، فى حين أن التقنية تتشكل بصورة متزايدة بوصفها شبكة منهجية وشاملة. عدم قدرة الثقافة السائدة على استيعاب العلم التقنى المعاصر تولد سلسلة من النتائج الضارة: مقاومات، خلل فى الأداء، شعور بالاغتراب والقلق يمثل رهاب التقنية تعبيرًا عنه. يؤدى عدم القدرة هذا إلى انفصال بين من يعرفون وبين كل الآخرين غير الأكفاء من الناحية العلمية التقنية. ويؤدى الانفصال من جانب إلى التنامى الفوضوى للتقنيات التى لا تستطيع أى ثقافة مشتركة وضع ضوابط لها، ويؤدى من جانب آخر إلى انطواء رجعى للثقافة التقليدية التى تستقل بنفسها هى الأخرى، باعتبارها أنها لم تعد فى اتصال بالواقع التقنى العلمى. وهذا الوضع بالنسبة لسيموندون ليس قدرًا محتومًا: ليست التقنية أو العلم التقنى فى حد ذاتها لا ثقافية أو معادية للثقافة ولكنها غير قابلة للاستيعاب بواسطة ثقافة عفا عليها الزمان.

ويتوقف العلاج الذى يقترحه سيموندون لأزمة الحضارة المعاصرة على تطوير ثقافة فى اتصال بالعالم وتتضمن تمثيلاً ملائمًا للتقنية والعلم، بواسطة عمل فى مجال المعلومات والتعليم والتفاعل الثقافى مشابهًا للعمل الذى أنجزه عصر التنوير ورجال الموسوعة فى القرن الثامن عشر. سيكون لمثل هذه الثقافة أثرًا عالميًا لأنها تتضمن قوانين للعلم والتكنولوجيا هى نفسها كونية، ومستقلة عن العقائد والإيديولوجيات الخاصة بكل جماعة إنسانية. إذا كان سيموندون مستعدًا للاعتراف باستقلالية التكنوعلوم فإنها تكمن فى الاعتراف بالوجود الموضوعى للموانع

والمعايير الفيزيائية والتقنية الفيزيائية المستقلة عن الذاتية الإنسانية والتى تجعل من كل ترتيب غير قابل للحياة، وأنه يوجد، لغاية معينة وفى محيط معين، ترتيبات تقنية فيزيائية متفاوتة الأداء والفاعلية. ويثق سيموندون فى التقدم التقنى الذى يرى أنه يُحرِّر، ليس فقط من العبودية للطبيعة والمادة، ولكن أيضا من الاستبداد السياسى والإيديولوجى للجماعات الخاصة. ويشدد سيموندون على أنّ أول فكر حر كان فكر الفلاسفة الأوائل الفيزيائيين والمهندسين والأفراد القادرين على مواجهة الموضوعية الفيزيائية التقنية التى تنتزع المرء من خصوصية الجماعة السياسية.

"طاليس Thalès، أنكسمندر Anaximandre، أنكسيمانس Anaximène كانوا قبل كل شيء تقنيين. وعلينا ألا ننسى أن أول ظهور لفكر فردى حر وتأمل منزه عن الغرض هو من عمل التقنيين أى البشر الذين عرفوا كيف يخرجون عن الجماعة بواسطة حوار مباشر مع الطبيعة [...] الأفراد الأحرار هم الذين ينجزون البحث ويؤسسون بذلك لعلاقة مع موضوع غير اجتماعى [...] الإنسان ليس فقط حيوان سياسى zoon politikon ولكن أيضا حيوان تقنى zoon tecnikon وتواصل التقنية ممهور بسمة الكونية.

هذا الوضع المحب للتقنية والإنسانى الذى يشدد على أبعاد التحرر والكونية قريب من المثل الأعلى للحداثة. وسيموندون لم يدرك بشكل كاف، فيما يخص العلاقة بين التقنيات والمجتمع، مناسبات التفسير "ما بعد الحداثية" الموجودة فى بعض الجوانب من عمله الذى يلح أيضا على تنوع الفردية وأهمية الممكنات والاحتمالات والتفردات، إلخ.

ويظل سيموندون مفكرًا تقليديًّا على أساس أنه يؤكد أن دور التقنيات يتمثل فى تعديل العالم الفيزيائى والسيطرة عليه وإعادة بنائه، أى المحيط الخارج عن الإنسان، **ولكن ليس الإنسان نفسه**. فالإنسان لا يقبل التعديل أو التحسين إلا على المستوى الرمزى أو الثقافى. فعن طريق ثقافة جديدة أو تطور للثقافة يستوعب رمزيًّا وسطًا تم تعديله بواسطة التقنيات الجديدة يمكن للبشر أنفسهم ويجب عليهم

أن يتطوروا. الفقرة التالية المأخوذة من كتاب عن عالم الموضوعات التقنيـــة، (ص ٢٢٧) واضحة فى هذا الشأن: "بعبارة أخرى، ليس الواقع الإنسانى وعلـــى وجـــه الخصوص ما ينتمى لهذا الواقع هو ما يمكن تعديله، أى الثقافة [...] التى يجب أن تندرج فى التقنيات كمادة يمكن العمل عليها، إنما الثقافة هى التى ينبغى عليهـــا أن تدمج المنظومات التقنية بمعرفة طبيعتها، من أجل القدرة على تنظيم الحياة البشرية وفق هذه المنظومات التقنية. ينبغى أن تظل الثقافة فوق مستوى أى تقنيـــة، ولكـــن عليها أن تدمج فى محتواها معرفة المخططات الحقيقية للتقنية والحدس بها".

بهذا المعنى يظل سيموندون مناصرًا لتقنيات وعلوم عصره وهى فترة لاحقة على التطور الهائل للتكنوعلوم الخاصة بالاتصالات، والبيوتكنولوجيا والتكنوعلـــوم البيوطبية. هذه التطورات فرضت على جدول الأعمال مسألة التحول الموضـــوعى والإدراك الإجرائى التقنى العلمى لما يمكن أن نسميه الوســـط الفيزيـــائى الأقـــرب للفرد والإنسان بوجه عام وهو الجسد الإنسانى، بما فى ذلك المخ والجينوم. إمكانية مثل هذا الإدراك وهذه التعديلات التقنية الفيزيائية التى يسمح بتصورها لا تجيـــب عن سؤال: "ما الإنسان؟" إنها على العكس تطلقه بطريقة تؤدى إلى الدوار. وتحيله إلى حرية خلاقة ومكتشفة، متعددة إلى ما لا نهاية، مؤدية فعلها بطريقة موازنة فى الابتكار الرمزى والتقنى الفيزيائى لمستقبل الإنسانية. كما تتضمن أيضا مخاطر من ضروب الاغتراب والسيطرة والتحكم التقنى الفيزيائى للمجموعات الإنسانية بحسب صيغ مختلفة وربما تكون، بـــصورة خطيـــرة، أكثـــر فعاليـــة مـــن الـــشموليات الإيديولوجية. بالنسبة للجدل الذى أثار المثقفين الألمان ثم الفرنسيين خلال الـــشهور الأخيرة من القرن العـــشرين (انظـــر: *Le Monde des debats*, octobre 1999) والذى وضع بيتر سلوتيرديك Peter Sloterdijk، الذى جرؤ على مساءلة النزعـــة الإنسانية الرمزية فى مواجهة يورجين هابرماس الذى شـــجب الجنـــون الفاضـــح للأنثروبوتكنولوجيا يكون موقف سيموندون هو بلا مواراة أقرب إلـــى هابرمـــاس. بالرغم من أن سيموندون يسعى إلى المصالحة فإنه يظل يفكر من خـــلال الازدواج التقليدى الذى يميز بين التقنية والثقافة، المادة والروح، الفيزياء والسيكولوجيا. إنـــه

يضع التقنيات المادية فى آن فى داخل الثقافات وفى خارجها، لأنه يواظب على مطابقة هذه الثقافة بما هو رمزى وباللغة التى لا يعترف لها بطبيعة مادية وتقنية حساسة، أى بما يتسم بالابتكار والاصطناعية. وفى حدود ما يتبنى سيموندون العقلانية الحديثة، فإنه يقف عند حد إمكانية التعدد ما بعد الحداثى للإنسانيات التقنية الرمزية، مطورًا بصورة متنوعة التكنوعلوم فى اقتران بالخلق الرمزى الذى هو نفسه متنوع أيضا.

وسوف نتناول هذا الاتجاه الأخير انطلاقًا من فيلسوف وطبيب وعالم أخلاق أمريكى وهو هـ. ت. إنجلهارت H. T. Engelhardt والذى يعبر عن موقف نصفه بأنه مولع بالتقنية وتطورى.

العلم التقنى وما بعد الحداثة:
حب التقنية التطورى

هذه فقرة من الكتاب الرئيسى لإنجلهارت: "نحن لم نعد ندرك أنفسنا بوصفنا مركز الأشياء، ولكن بوصفنا أحياء على كوكب تافه، يدور حول نجم غير ذى شأن، عضو فى مجرة من المجرات التى لا حصر لها [...] اتضح أن طبيعتنا ناتجة عن الصدفة [...] منذ أن أصبح الطب والعلوم البيولوجية الطبية بشكل متزايد وسائل لتعديل وإعادة صياغة الطبيعة البشرية، صرنا معنيين ليس فقط بما يجب على الرجال والنساء أن يفعلوه، ولكن بما يجب أن يصيروا إليه وبالطريقة التى يمكن لنا بواسطتها أن نعدل من أنفسنا. مثل هذا الاختيار يتضمن قيمًا أخلاقية وجمالية وغيرها [...] وكذلك رؤى حول ما هو طبيعى وغير طبيعى. [...] هناك مسافة بيننا بوصفنا أشخاصًا وبيننا بوصفنا بشرًا. هذه المسافة هى الفجوة بين كائن يفكر ويتلاعب وموضوع تفكيره وتلاعبه. وانطلاقًا من منظورنا بوصفنا أشخاصًا لهم تفسيرات ورؤى وآمال خاصة، نستطيع أن نقرر ما إذا كان موضعنا هو الأفضل فى الكون. وإذا كنا نجده غير كاف يمكننا أن نضع خططًا لتغييره. [...] فى المستقبل، سوف تتنامى قدرتنا على إخضاع الطبيعة البشرية والتلاعب بها وفقًا

لأهداف موضوعة بواسطة أشخاص. [...] وإذا فكرنا على المدى البعيد فإن هناك تعديلات مهمة لا يمكن تفاديها طالما بقينا نوعًا حرًا ويتقدم تقنيًا [...] على المدى الطويل، لا يوجد سبب للتفكير فى أن هناك نوعًا واحدًا سيخرج من نوعنا. بل يمكن أن يوجد أنواع بقدر ما توجد هناك فرص تدعو إلى إعادة صياغة الطبيعة البشرية جوهريًا فى أوساط جديدة، أو لن توجد أسباب لرفض الانخراط فى هذا الطريق".

نزعة الولع بالتقنية ما بعد الحداثية والتطورية فى قطيعة مع العقيدة الحديثة فى (البحث والتنمية التكنوعلمية RDTS (Recherches et Développement Technoscientifiques) الواحدة والكونية والمحركة لتقدم الإنسانية. هذا المفهوم ليس إلا تعبيرًا عن أسطورة خاصة متعلقة برؤية العالم وبالتاريخ الغربيين. فبدلاً من التفكير فى العلم التقنى والاعتقادات المرتبطة به باعتبارها فوق التاريخ، من الأجدر إذن فهمها على أنها متجذرة فى تراث وفى جماعة محدودتين، أيًّا كانت السيطرة التى تمارسها هذه الجماعة على الجماعات الأخرى، لأن هذه السيطرة ليست أكثر من مجرد عَرَض تاريخى عابر لا يمكن لأى قانون متعال أن يضفى عليه الشرعية. تتضمن إعادة النظر هذه فى سياق العلم التقنى أيضا فكرة التنوع. فى جماعات وتراثات ثقافية مختلفة، يمكن أن نتصور البحث والتنمية العلمية التقنية متعددة وانتقائية تبعًا لضروب من المخيال ومن إضفاء السمة الرمزية والقيم والأهداف المتنوعة. الإنسانية ما بعد الحداثية المستقبلية تنفتح على ازدهار تطورى يجمع بحرية التقنيات مع الرموز.

يحيل هذا التنوع التقنى الرمزى فى آخر الأمر، حسب ما يرى إنجلهارت، إلى الفرد بوصفه شخصًا، والذى يحدده بواسطة استقلاليته وقدرته على الاختيار بحرية. إنهم إذن الأشخاص الذين يقررون أن يجتمعوا فى مجموعات بقدر ما يشتركون فى قيم وغايات متشابهة. الشخص لا يتحدد بشكل فيزيائى معين، مثل الجسد على سبيل المثال، أو بالشكل الإنسانى الخاص بأعضاء النوع البشرى. ولهذا السبب فإن الشخوص والجماعات المكونة بحرية يمكنها تمامًا جعل الأجساد

البشرية موضوعات وتقوم بتعديلها، لصالح أفراد يقبلون مثل هذه العلميات بل ويطلبونها.

ويشير جان فرانسوا ليوتار Jean Francois Lyotard أيضا إلى الإدراك الإجرائى للجسد بواسطة العلم التقنى ولكن تقديره نقدى: فهو يميل إلى إدانة هذه الموضعة العلمية التقنية بوصفها محصلة لمشروع السيطرة الخاص بالحداثة الذى تخلت عنه. "العلم التقنى ينجز المشروع الحداثى، يجعل الإنسان من نفسه سيدًا على الطبيعة ومالكًا لها. ولكن فى نفس الوقت تهز الطبيعة دعائم الإنسان بصورة عميقة: لأنه تحت اسم "الطبيعة" ينبغى أن نضع أيضا كل مكونات الذات الإنسانية: نظامه العصبى، وشفرته الجينية، وحاسوبه الدماغى، ومدركاته البصرية والسمعية، ونظمه فى الاتصال ولاسيما اللغوية وتنظيمه للحياة فى جماعة، إلخ. وفى النهاية يمثل علمه والعلم التقنى الخاص به هو أيضا جزءًا من الطبيعة".

لا يشير هذا الاستشهاد إلى موضعة الجسد بما فى ذلك المخ والجينوم فحسب ولكن أيضا إلى الموضعة التكنوعلمية للقدرات العلائقية للذات المكونة للذاتية وللتفاعل بين الذوات: اللغة والعيش المشترك. هذا الوصف يضع فى خيلاء نهاية للتعارض بين الثقافة الرمزية واللغة – الفكر من جانب، والتقنية والطبائع الفيزيائية والمادية من جانب آخر. كل شىء، وبما فى ذلك مجموع كل ما يتعلق تقليديًا بالعقل وبالهوية وبالمتعالى وبغير المادى – يكتسى طابعًا طبيعيًا وماديًا يقبل التدخل التقنى العلمى. وجميع أزواج المفاهيم التى تبنى التراث الفلسفى (بما فى ذلك الحداثة) تصير حينئذ غير ملائمة. ولكن إذا التزمنا بهذا الخط فى الفكر بصورة جذرية سوف يكون من الصعب الاحتفاظ بفكرة الذات المستقلة، اللهم إلا بوصفها خيالاً موروثًا من تراث معين (الحداثة تحديدًا). إن هذا الخيال نفسه قد يحتوى على خطر أن يذهب أكثر فأكثر بالمعتقدات والقيم والمثل العليا التى تعمل على تفعيل التراث النابعة منه والتى تشكل أسس مفهوم الشخص بوصفه ذاتًا مستقلة. يضع الاستشهاد المأخوذ من إنجلهارت ما بعد الحداثة التكنورمزية فى أفق زمانى – مكانى أكثر اتساعًا، أفق تطورى مفتوح على الزمان والمكان الكونيين

واصفًا الطبيعة الأرضية والتاريخ الإنسانى من منظور مستقبلى. هذا المنظور يتسم بمداه الطويل واتساعه - وما زالت فلسفته العملية بعيدة عن استيعاب النتائج والاقتضاءات الخاصة بالتصرف والفعل الإنسانيين.

إنه يشدد على عابرية وعرضية أشكال الحياة وكذلك على سمتها التحولية والتطورية، وعدم قابليتها للتوقع وتعدد ضروب المستقبل الممكنة، ودور المصادفات الهادم والخالق، وهى مناسبات لبلورة كونية جديدة ولتواريخ خارقة. إنه يشدد أيضا على الابتكارية الإنسانية ودور البشر فى اختراع المستقبل. كما يدعو إلى إدراك تعالى النوع الإنسانى بصيغة الجمع وبصورة تقنية رمزية.

إن أفكار ما بعد الحداثة التقنية الرمزية تفتح المستقبل بلا حد، وتضاعف الأمل وتبقى على روح المغامرة والخلق والاستكشاف والتطور والانبهار. خارج هذه الأفكار، لا يوجد سوى مستقبل من العدم الفيزيائى على المدى المتوسط أو الطويل يتراءى أمام النوع الإنسانى. ومع هذه الأفكار لا يُعدُّ خطر هذا العدم التام والنهائى أمرًا مستبعدًا. ولكنه يكف عن أن يكون المصير المحتوم الذى تصل إليه اليوم التخيلات الميتافيزيقية واللاهوتية التقليدية التى لا تعترف للبشرية إلا بتعال رمزى. ولكن ما بعد الحداثة ينبغى أن تكون فعليًا ما بعد حداثة، أى أن تُبنى على قاعدة مضمونة من ترجمة ما هو جوهرى فى المثل العليا الحداثية إلى وقائع، حيث إن البشرية مازالت حتى اليوم بعيدة عنها. علاوة على ذلك تُدخِل ما بعد الحداثة همًّا خاصًّا بالذاكرة وبالحفاظ على ضروب الماضى التى ورثناها: ماضى أشكال الحياة والتنوع البيولوجى، ماضى الثقافات الرمزية أو التنوع اللغوى، ماضى التقنيات أيضا أو التنوع التقنى. الحداثة لا تثير هذا الهم؛ بل إنها على العكس كانت تستهدف إزالة الماضى التاريخى من أجل بناء عقلانى للمستقبل. إن ما بعد الحداثة تضع نفسها تحت علاقة ثروة ما هو متعدد ضد الهوس الأحادى العقلانى للحداثة. ينبغى لما بعد الحداثة أن تستهدف تقليل المعاناة، ليس فقط معاناة البشر كما كانت تريد الحداثة، ولكن معاناة جميع الأحياء. ينبغى أن تكف المعاناة عن أن تكون أحد

المختبرات الأساسية للمستقبل، وللتعالى وللإبداع. ولكن ما لا تستطيع ما بعد الحداثة أن تكونه، هو مجال من الفوضى ينتهى القوى فيه بالسيطرة وحده مدمرًا كل الغيريات التى تبحث عن تأكيد ذاتها لذاتها. إن عالمًا بهذه الصورة لا يزداد ثراءً، بل على العكس يزداد فقراً؛ هذا الخطر الدائم للعنف البائس هو الذى يجب على الإحالة المستمرة للمثل العليا العقلانية للحداثة أن تُذكِّر به باستمرار: أفراد ومجتمعات العالم ما بعد الحداثى. ولكن هذه الإحالة نفسها لا يمكن لها أبدًا أن تصير إضفاءً لشرعية سيطرة عقل محدد وضعه التاريخ فى موضع القوة.

المراجع:

1. Ducassé (P.), *Les Techniques et le philosophe*, Paris, PUF, 1958.
2. Goffi (J.-Y.), *La Philosophie de la technique*, Paris, PUF, 1988, p. 11.
3. Ellul (J.), *La Technique ou l'enjeu du siècle*, Paris, Armand Colin, 1954, p. 121-123.
4. Ellul (J.), *Le Bluff technologique*, Paris, Hachette, 1987, p. 175-182.
5. Henry (M.), *La Barbarie*, Paris, Grasset, 1987, p. 93.
6. Habermas (J.), *La Technique et la science comme idéologie*, Paris, Denoël, 1968.
7. Heidegger (M.), *Essais et conférences*, trad. fr. : Gallimard, 1958.
8. Simondon (G.), *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1969.
9. Snow (C.-P.), *The Two Cultures and a Second Look*, Cambridge University Press, 1969.
10. *L'individuation psychique et collective*, Aubier, 1989, p. 262-265.
11. Engelhardt, *The Foundations of Bioethics*, Oxford University Press, 1996, p. 412-413, 417.
12. Lyotard (J.-F.), *Le Postmoderne expliqué aux enfants*, Paris, Galilée, 1988.

أخلاقيات البحث العلمى
على الإنسان[(١٣)]

بقلم: آن فاجو-لارجو
Anne FAGOT-LARGEAULT

ترجمة: د. أنور مغيث

يمكن لنا جميعًا أن نكون يومًا موجودين داخل بروتوكول من البحث: سواء فى حالة مرض (أغلب المرضى المصابين بالسرطان أو الإيدز منخرطين اليوم فى بروتوكولات تجريبية، وينطبق الأمر على أمراض أخرى كثيرة)، أو حتى لأننا، رغم عدم كوننا مرضى، نتقدم طوعًا للاشتراك فى تجارب (على سبيل المثال) لأمصال جديدة، أو حتى لأننا حينما كنا ندرس علم النفس فى الجامعة، كنا نحصل على درجات إضافية فى الامتحان إذا قبلنا الخضوع لاختبارات تجريبية، إلخ. وبحسب تقدير لوزارة الصحة الفرنسية، بتاريخ ١٩٩٦، يوجد فى فرنسا، - فى البحث البيولوجى الطبى وحده - على الأقل ٨٥٠٠٠٠ شخص فى العام خاضع لبروتوكول. إنه إذن ليس وضعًا نادرًا. ومن الممكن أن ندعى للمشاركة فى "لجنة استشارية لحماية الأشخاص فى البحث البيوطبى": وهو الاسم الفرنسى للجان أخلاق البحث التى تفحص البروتوكولات قبل تطبيقها. ما الذى يجب أن يعرفه كل مواطن بخصوص البحث العلمى على الكائن الإنسانى، كى يمارس حقوق المواطنة وواجباتها؟ الفكرة التى تقود هذا المقال يمكن أن تكون مستعارة من تقرير اللجنة الاستشارية القومية الفرنسية للأخلاق: "البحث عن معرفة الكائن الإنسانى بطريقة

---

(١٣)نص المحاضرة رقم ٢٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٠ يناير ٢٠٠٠.

علمية أمر محمود، ولكن هذا لا ينبغى له أن يتم على حساب العدالة والأمان واستقلالية الأشخاص".

أطروحة بيير شارل بونجران Pierre-Charles Bongrand (١٩٠٥)

ترسم لنا شهادة طبيب شاب، طالب بمدرسة الصحة فى سلاح البحرية وكان يعمل فى معهد باستور وناقش فى عام ١٩٠٥ أمام كلية الطب بمدينة بوردو أطروحة عنوانها: **عن التجريب على الإنسان، قيمته العلمية وشرعيته**، لوحة حية عن المشاكل المثارة حول التجريب فى بداية القرن. الملاحظة الأولى لبونجران: التجريب الإنسانى موجود. كان كلود برنار Claude Bernard (١٨١٣-١٨٧٨) يقول إن الطب ينبغى له أن يصبح تجريبًا: وقد كان. حمل باستور Pasteur (١٨٢٢-١٨٩٥) إلى الطب "الدقة التجريبية للكيميائى". واتخذت فكرة الطب العلمى مسارها. إن الطب فى المعمل يبقى بالتأكيد فى أغلب الأحيان طب "حيوان التجريب cobaye، والأرنب والكلب والفأر"، ولكن لا يمكن لنا دائمًا أن نطبق نتيجة الحيوان على الإنسان". هناك إذن تجارب أجريت على الإنسان "بهدف حب الاستطلاع العلمى وحده". وقد اقتصر بونجران على التجارب الخاصة بالأمراض المعدية، وبحث عن تقاريرها فى الصحف الطبية. فهذه التجارب بالفعل ليست خفية: بل هى منشورة فى الصحافة المتخصصة (ويقدم بونجران أكثر من مائة مرجع).

سيقال إن الأطباء قد أجروا دومًا تجارب على مرضاهم مثلهم مثل المربين الذين يجرون دومًا تجارب تربوية على الأطفال. ولكن قديمًا كانوا يقومون بذلك بطريقة إمبريقية أى حالة بحالة دون إستراتيجية حقيقية فى البحث. ما هو جديد، هو فكرة طب يعمل بصورة منهجية، ويتحكم فى نتائجه، ولا يعمم انطلاقًا من حالة أو حالتين ولكن بحسب قواعد الاشتمال الإحصائى.

الملاحظة الثانية لبونجران: يشعر الأطباء بنوع من التوتر مع هذا الطب العلمى، حينما يطبقونه على الإنسان. النتيجة هى أنهم يجربون بطريقة سيئة، تدعو

للخجل، إما متسترين بذرائع علاجية وإما دون علم الأشخاص الذين يجرون التجارب عليهم. ويتردد بونجران بين الشعور بالفزع والشعور بالإعجاب: "يوجد بشر أعطوا لأنفسهم الحق المفزع فى استخدام لحم بشر آخرين وكأنه أداة فى معمل [...] وسوف نتساءل إذا ما كنا أمام جرائم أو أمام محاولات جريئة نحو الحقيقة خارج الدروب المطروقة للقانون والأخلاق السائدة. سوف نتساءل عما إذا ما كانت أخطاء ينبغى عقابها أو جهودًا ينبغى تشجيعها".

ما الذى اكتشفه بونجران فى الأدبيات الطبية؟ يبين بونجران أنه تم إجراء تجارب خطيرة عن طريق إدخال أمراض معدية إلى أفراد "حتى نرى"؛ وأن ذلك قد تم أحيانًا دون علم الأشخاص المعنيين، أو دون التماس رأيهم؛ وقد تم إجراء تجارب على نساء حوامل وعلى أطفال وعلى فقراء فى المستشفى العمومى وعلى سجناء، وللأسف كثير من التجارب المذكورة قيمتها العلمية ضعيفة لا تسمح باستخلاص نتائج موثوق بها.

أمثلة:

- طاعون – ديچينيت Desgenettes لقّح نفسه بالمرض دون نتيجة. وايت Whyte لقّح نفسه بالمرض أيضا عام ١٨٠٢، ومات به (٨٠) [...] وتم نقله إلى سجينين أثناء وباء القاهرة عام ١٩٣٥. نتائج إيجابية (٨١).
- الحصبة – هوم Home فى عام ١٧٥٨ نقل المرض بنجاح بإيعاز من مونرو Monro، من دم تم الحصول عليه من بقعة مصابة بالحصبة (٢٩) [...] تيمن Themmen فى عام ١٨١٦، بإيعاز من تيوسنج Thuessing نقل بدون نجاح لمجموعة من الأطفال دموعًا ودمًا ومخاطًا أنفيًا وعرقًا وقشورًا معدية من مرضى (٢٩).
- زهرى – بادوڤا Padova نقل، بلا نتيجة، لبن مريضة بالزهرى لأربعة من الرضع الأصحاء (٥١). [...] وقام ڤوس Voss فى مستشفى كالينكين

Kalinkine، بنفس التجربة على أربعة من العاهرات الموافقات (أعمارهن، ١٣، ١٥، ١٦ سنة). نتيجة واحدة إيجابية (٥٢).

- ملاريا – قام جراسى Grassi وبينيانى Bignani وباستيانيلى Bastianelli بحقن أشخاص أصحاء ببعوض الملاريا نقلوا إليها المرض من خلال بعوضة جعلها تلدغ قبل ذلك بعض المرضى. أصيب الأشخاص المحقونون بالملاريا. ولكن هذه التجارب تمت فى الريف الرومانى موطن الملاريا (٨٥).

- الحمى الصفراء – "اعتقد دومينجو فيريير Domingo Feriere أنه وجد فى عام ١٨٨٣ جرثومة الحمى الصفراء [...] أدخل المؤلف إلى ستين شخصًا سائلاً من مزرعة مخففة لهذا الميكروب؛ أصيب ثلاثون مات منهم ثلاثة عشر (٧٤). [...] فينلاى Finlay فى نفس الفترة كان يشتبه فى إمكانية نقل الحمى الصفراء بواسطة البعوض وللتحقق من نظريته أجرى فى ١٨ أغسطس ١٨٨٣ التجربة الآتية: أحد اليسوعيين، الأب U، قدم نفسه متطوعًا، لم يكن قد مر على مجيئه إلا عام واحد فى مزرعة للطائفة لم تظهر فيها أى حالة من الحمى الصفراء منذ سبعة أعوام. تم حقن المتطوع ببعوضة كانت قد لدغت من يومين مضيا مريضين بالحمى الصفراء فى حالة خطرة فى اليوم السادس لإصابتهم بالمرض. وبعد فترة حضانة مدتها ثمانية أيام ظهرت حمى صفراء خفيفة استمرت ستة أيام (٧٥)". ويأسف بونجران للتجارب التى تمت على النساء والأطفال والفقراء والمحتضرين. ويقبل بسهولة معبرًا بذلك عن الرأى السائد فى عصره التجريب على "البلهاء" أى على المتخلفين عقليًا، وعلى المحكوم عليهم بالإعدام مقابل تبديل العقوبة، وعلى الخطرين المبعدين إلى جزيرة كاين Cayenne، ودافعه هو أنه على كل حال هذه الحيوات ضائعة ومن المستحسن أن تفيد فى شىء.

ولكن توجد نقطة لا يتهاون بشأنها بونجران. إذا قبلنا بضرورة التجريب فينبغى أن يتم بشكل صحيح، أى عن طريق متابعة خطة تجريبية وتحت إشراف

جماعى، من خلال إحلال لجنة علمية محل المجرب الفرد. هل يلزم التجريب؟ نعم يلزم، إذا قدرنا أنه من الخير أن نعمل على تقدم المعرفة حول الأمراض الإنسانية لأن التجريب الحيوانى لا يكفى لتعريفنا بالأمراض الإنسانية. ولكن هذا الخير المأمول لا يمكن أن يبرر استخدام وسائل غير أخلاقية. هل التجريب على الإنسان مقبول أخلاقيًّا؟ للإجابة على هذا السؤال أجرى المؤلف تحقيقًا حول مدى قبول البحث العلمى على الكائن الإنسانى. سأل رجال قانون وقساوسة وراعى كنيسة، وفلاسفة وأطباء وكتاب روايات تحتوى شخوصها على أطباء.

قال له رجال القانون الذين سألهم إن العمل التجريبى يمكن أن يُعدُّ "أعمال عنف وجروح وقتل"، ويُعاقب بناء على ذلك. وقد حكمت محكمة ليون فى عام ١٨٥٩ (بدفع غرامة) على أطباء أدخلوا مرض الزهرى إلى طفل عمره عشر سنوات، كان قد دخل المستشفى ليعالج من الحساسية. وبعض الأطباء قامت الصحافة بفضحهم مثل "هذا الطبيب الذى كان يستغل نوم مرضاه ليحقنهم بالسرطان". (وبمناسبة تجربة من هذا النوع فى الولايات المتحدة فى سنوات ١٩٦٠ طرحت الإشكالية الأخلاقية البيولوجية). رغم ذلك كانت الملاحقات القضائية للأطباء نادرة. وتجاربهم تحظى بالتسامح من جانب المجتمع. وكان بونجران يتمنى أن يكون هناك عقد بين الخاضع للتجريب والمجرب، يضمن الموافقة المسبقة للخاضعين للتجربة، ويقر بتعويضات ممكنة إزاء الأخطار المترتبة. وقد أنكر محاوروه صلاحية مثل هذا العقد ورأوا أنه ينتهك "القوانين التى تهم الصالح العام والعادات الحسنة".

إذا كان القانون عاجزًا نسبيًّا، ماذا تقول الأخلاق؟ أدان الطبيب الكبير تروسو Trousseau، فى كتابه **العيادات الطبية بالمستشفى العام**، التجارب التى تتم "بهدف حب الاستطلاع المذنب"، ولاسيما إذا مورست على "مرضى فى الرعاية" أى مقيمين بالمستشفى. ولكن الأطباء بوجه عام قليلو الحديث عن الموضوع. علماء اللاهوت أكثر تصريحًا. وطبقًا لرأيهم ليس من حق أحد أن يعرض حياته

للخطر إذ سيعد ذلك انتحارًا. فى المقابل تعريض النفس لبعض الأخطار من أجل العلم أمر مسموح، على شرط أن يكون المرء موافقًا. ولكن أن يهب المرء شخصًا آخر للعلم ليس أمرًا مقبولاً. ويستخرج بونجران من الشهادات التى جمعها فكرة أن البحث يتضمن تضحية من الفرد للجماعة التى تعد فى حد ذاتها غير أخلاقية ولكن يمكن أن يكون لها قيمة إذا كان الفرد حرًّا فى قراره. إن قبول هذا النوع من الخطر من دلائل عظمة الإنسان، وهذا هو حال كل مهنة خطيرة (رجال مطافئ، شرطة، إلخ)، وهذا لا يمكن أن يُفرض بالقوة (فهو يرفض على سبيل المثال فكرة التآمر من أجل البحث).

ويختتم بونجران أطروحته قائلاً إن على المجتمع أن يكف عن "إغماض عيونه" على التجريب الطبى، الذى يجب أن يسمح به بشروط معينة، وأن استخدام العقد يسمح بالإقلال مما هو مكروه فى الأبحاث الضرورية؛ وأن أسوأ المسالك هو "الجهل الوديع الذى ارتضينا به". هذا "الجهل الوديع" سوف يستمر عمليًّا حتى الحرب العالمية الثانية.

الوضع فى نهاية القرن العشرين

فى مقابل الوضع الذى وصفه بونجران نحن لم نعد نتعرض اليوم لخطر الخضوع للبحث دون علمنا، على الأقل فيما يخص البحث البيولوجى الطبى. فمن حيث المبدأ، فى جميع أنحاء العالم، الأشخاص المطلوبون للبحث البيولوجى الطبى يتلقون معلومات مسبقة، ويوقعون على استمارة بالموافقة. فهى لا تمثل بالضبط عقدًا كما كان يتمنى بونجران، لأن للأشخاص الخاضعين الحق فى إيقاف مشاركتهم فى أى وقت، دون تقديم تبرير، ودون التعرض لأى جزاء. ولكنهم لا يمكنهم أن يجهلوا أنهم خاضعون للتجريب لأنهم يوقعون على شىء ما.

من جهة أخرى، العادة (الموجودة بالتأكيد منذ زمن قديم) فى التجريب على الأشخاص المحرومين من الحرية، وعلى المحكوم عليهم، قد تم التخلى عنها. بدافع

أن موافقة مثل هؤلاء الأشخاص ليست مستقلة. هذا التخلى حدث مؤخرًا، لاحقًا على توصية من اللجنة الأمريكية لحماية الذوات الإنسانية فى البحث البيولوجى - الطبى والسلوكى (١٩٧٦). وحتى سنوات ١٩٧٠، كان البحث البيولوجى الطبى على السجناء ممارسة معتادة، ولاسيما فى الولايات المتحدة؛ وقد اعترض سجناء على انقطاع هذا البحث لأنهم كانوا يحظون ببعض الامتيازات من قدوم الباحثين إلى معيشتهم فى السجن، وكانوا يحتجون لأن لهم من الرأى ما يسمح لهم بأن يقرروا بأنفسهم ما إذا كانوا يرغبون فى المشاركة فى هذه التجارب أم لا.

البحث على أشخاص لا يتمتعون بحصانة كافية (أطفال، نساء، حوامل، أو مرضعات، متخلفين عقليًّا فى مؤسسات) خاضع فى كل مكان لشروط صارمة، وهو ليس مسموحًا به إلا بالنسبة لأمراض تخص فئات من الأشخاص المذكورين، وعلى شرط أن تكون درجة المخاطرة ضعيفة. ولكن الذى ظل مستمرًّا هو التمييز الذى يتعرض له الفقراء ويستمر أساسًا فى شكل تمييز بين الشمال والجنوب أى فى استغلال لسكان العالم الثالث لصالح البحث الذى يفيد أساسًا البلاد الصناعية. كما يتخذ أيضا، فى نهاية قرننا العشرين، صيغة فقدان اهتمام باحثى البلاد الغنية بالآلام الخاصة بالبلاد الفقيرة. إذ توجد قليل من الأبحاث على الملاريا والدودة الشريطية والبلهارسيا والجذام، بالنسبة لاحتياجات البلاد النامية.

وهناك جهد مهم من التفكير الأخلاقى قد تم منذ الحرب العالمية الثانية. يوجد اليوم أخلاق للبحث العلمى على الإنسان، مسجلة فى نصوص مرجعية قومية وعالمية.

هل يوجد إطار قانونى لممارسات البحث؟ تتعدد الحلول من بلد إلى آخر. فى بعض البلاد يرجع التشريع إلى توصيات لجان الأخلاق، وبلاد أخرى لجأت إلى وضع قواعد؛ وفى فرنسا تم إصدار قوانين. على أى حال، فى جميع البلاد تقريبًا اليوم، تخضع بروتوكولات البحث البيولوجى الطبى لفحص لجان الأخلاق والبحث فى المستشفيات أو فى المحليات قبل تطبيقها.

هنا يوجد نوع من الإشراف الديموقراطى على طريقة البحث، التى جعلت البحث يخرج من وضع شبه السرية الذى تطور فيه منذ قرن من الزمان.

ولننظر إلى حالة فرنسا. فالقانون الفرنسى لعام ١٩٨٨ الخاص بـ"حماية الأشخاص الذين يقدمون أنفسهم للبحوث البيولوجية الطبية"، يسمح بشكل صريح بالبحث البيولوجى الطبى، لأهداف علمية، على الكائن الإنسانى. هذا الدور التصريحى للقانون ساهم فى جعل البحث العلمى نشاطًا لا نخفيه:

مادة: L. 209-1 – "المحاولات والتجارب المنظمة والممارسة على الكائن الإنسانى من أجل تطور المعارف البيولوجية أو الطبية مسموح بها حسب الشروط التى يقرها هذا الكتاب وسوف يطلق عليها فيما يلى اسم "البحث البيولوجى الطبى". [...].

من بين الشروط التى تسمح بإجراء البحث: موافقة الأشخاص الخاضعين للبحث، ويُنَصُ على أن تكون هذه الموافقة كتابية بقدر الإمكان. والنص يضع اقتضاءات صارمة حول طبيعة المعلومات التى يجب أن يتلقاها الأشخاص: L. 209-9 – قبل إجراء بحث بيولوجى طبى على شخص ينبغى الحصول على الموافقة الحرة والمستنيرة والمُتعمَدة لهذا الشخص بعد أن يقوم المجرب أو الطبيب الذى يمثله بتعريفه بـ:

- هدف البحث، ومنهجه ومدته.
- الفوائد المنتظرة، العوائق والمخاطر المتوقعة، متضمنًا حالة إيقاف البحث قبل موعده.
- رأى اللجنة المذكورة فى المادة L. 209-12 من القانون الحالى [...].

يُطلق على لجنة أخلاق البحث فى فرنسا اسم خاص (مختصر CCPPRB): مادة L. 209-12 – قبل إنجاز بحث بيولوجى طبى على الكائن الإنسانى، كل مجرب ملزم بأن يخضع المشروع لرأى إحدى اللجان الاستشارية لحماية الأشخاص فى البحث البيولوجى الطبى التى يدخل فى اختصاصها الإقليم الذى يمارس فيه المجرب نشاطه.

نتيجة لهذا القانون تحسنت كثيرًا النوعية العلمية والإنسانية للتجارب على الإنسان. وحل الشعور بالفخر بالتجربة محل الشعور بالخجل.

وقد بُذِلَ جهدٌ فى تقديم معلومات للجمهور منذ عدة سنوات. ينص ميثاق الممارسة الاستشفائية، والذى يُعلَّق ملخص له اليوم على جدران المؤسسات العلاجية، على أن "المريض الموجود بالمستشفى ليس مجرد مريض ولكن، وقبل كل شيء، شخص له حقوق وواجبات (لائحة الدوافع). من بين هذه الحقوق والواجبات أن يكون الشخص مهتمًا بإمكانية أن يُطلب منه الخضوع لبحث. ومبدأ الموافقة المسبقة لازم لكل الإجراءات علاجًا أو بحثًا (فصل ١٧) ويعاد التأكيد عليها فى حالة البحث (فصل ٧): "[...] أى عمل طبى لا يمكن أن يُمارس دون موافقة المريض، فيما عدا الحالات التى تستلزم فيها حالته هذا العمل الذى ليس له القدرة على الموافقة عليه. هذه الموافقة ينبغى أن تكون حرة وتتجدد مع كل عمل طبى لاحق. وينبغى أن تكون مستنيرة، أى أن يتم إعلام المريض مسبقًا بالأعمال التى سيتعرض لها، والمخاطر المتوقعة بصورة عادية، فى وضع المعارف العلمية والنتائج التى يمكن لهذه المخاطر أن تؤدى إليها [...] (فصل IV - "عن المبدأ العام للموافقة المسبقة") قبل أى إنجاز **لبحث بيولوجى - طبى** على شخص ينبغى الحصول على الموافقة الحرة والمستنيرة والمُتعمَّدة فى إطار الاحترام الصارم للقانون رقم ٨٨ - ١١٣٨ [...]". (فصل V - عن الموافقة المخصصة لبعض الأعمال).

تطوير أخلاق البحث على الإنسان خلال القرن العشرين

هذه النقطة التى تم التعرض لها تفصيلاً فى المحاضرة، ليست محل عرض هنا. ويمكن للقارئ أن يجد فى موضع آخر عناصر تتعلق بتاريخ النصوص الدولية المرجعية (٦ و ١١).

المبادئ الكبرى: أخلاق مركبة

المبادئ الأخلاقية الثلاثة الكبرى للفلسفة الأخلاقية التى تمثل أساسًا لأخلاق البحث على الإنسان تم بلورتها بواسطة اللجنة القومية الأمريكية فى تقرير بلمونت (١٩٧٨). وقد تبنتها التوجيهات الدولية لمنظمة الصحة العالمية OMS-CIMOS. ومن المفيد التذكير بأن هذه المبادئ عامة جدا (إنها تصلح لمواقف أخرى غير البحث) وأنها ترتبط بتقاليد فلسفية مختلفة، ولا تمثل أخلاقًا تشكل نظامًا بديعًا ما علينا "سوى تطبيقه". للمبادئ الثلاثة نفس القدر من الأهمية (فلا تراتبية عندهم)، وفى الممارسة يمكن أن يكون هناك صراع.

مبدأ احترام الأشخاص فى استقلالية قرارهم يرتبط بالتراث الأخلاقى عن الواجب (أخلاق المهنة morales déontologiques) التى تحكم على القيمة الأخلاقية لعمل معين من خلال السمة التعميمية (أم لا) لهدفه المقصود، (هل يمكن لى أن أرغب أن يفعل الجميع نفس الأمر؟). القيمة الموجودة فى الخلفية هنا هى حرية الذات الأخلاقية التى تتساءل عما يجب الرغبة فيه، والجماعة الأخلاقية تشمل كل الكائنات "العاقلة"، أى أولئك القادرين على الحكم بأنفسهم على ماينبغى عليهم عمله. وهناك صيغة مشهورة لهذا المبدأ هو الأمر الكانطى: "افعل بحيث تعامل الإنسانية فى شخصك وفى شخص الغير فى الوقت نفسه كغاية وليس مجرد وسيلة". تتبع قاعدة الموافقة من هذا المبدأ، مثل قاعدة عدم الكذب. أن نُعلِم شخصًا بما ننتظره منه ونطمئن إلى موافقته يعنى إظهار الاحترام له. وهذا لا ينطبق فقط على الخاضعين للبحث. فالباحث الذى يتلاعب به رئيسه فى العمل هو باحث لا يحظى بالاحترام.

مبدأ الإحسان (أو عدم الإساءة) يرتبط بتراث أخلاق الخير والسعادة. هذه الأخلاق تُسمى نتائجية conséquentialistes لأنها تحكم على النوعية الأخلاقية لفعل ما بالخير (أو بالشر) الذى ينتج عنه. والقيمة الخلفية هى الرفاهية، والجماعة الأخلاقية تشمل هنا كل الكائنات التى تحس سواء سببنا لهم الضرر أو الألم. يقدم

جون ستيوارت ميل J. S. Mill صيغة كلاسيكية لهذا المبدأ: "الأفعال حسنة أو سيئة بحسب ميلها إلى زيادة الرفاهية أو إلى إنتاج الشقاء".

ينشأ الكثير من قواعد الأخلاق الطبية عن هذا المبدأ. من الجانب السلبى (عدم الإساءة)، إنه الحكمة القديمة ("أولاً عدم الإيذاء")، وما يقترن بها من قواعد الحذر، ومن الجانب الإيجابى (الإحسان)، كل العناية الطبية فى تقديم العلاج، وما يرتبط بها من القواعد العلاجية. الاختيار الصعب أمام الطبيب - الباحث هو أنه لا يستهدف نفس الخير بوصفه باحثًا وبوصفه طبيبًا، ومصلحة العلم لا تتوافق دائمًا مع الشعور بالرفاهية لدى الأشخاص الخاضعين للبروتوكولات. وهو ما يسبب صعوبة الموازنة (التى يحللها تقرير بلمونت Rapport Belmont) بين المخاطر/ والفوائد الخاصة ببحث معين.

مبدأ العدالة، أو الإنصاف يرتبط بنظريات أخلاقية لا تهتم بوضع معايير للأفعال الفردية بقدر ما تضمن تعايشها السلمى. وأخلاق البحث على الإنسان تأتى أساسًا من مشكلات العدالة التوزيعية، أى مشكلات الاقتسام المنصف. لقد تم التوقف عن إجراء أبحاث تغذية على مرضى عقليين فى مستشفى نفسى (كان سكان ملاجئ المجانين يساهمون كثيرًا فيما مضى فى الأبحاث حول الفيتامينات، على سبيل المثال) لأنه تم الاعتراف بأنه من الظلم أن نضع على عاتق مجموعة سيئة الحظ عبء البحوث التى من المفترض أن تفيد كل البشر، ويمكن لها أن تتم على بشر عاديين. فى المقابل سيكون هناك عدم إنصاف إذا لم تجر أبحاث حول الأمراض النفسية بمساعدة المرضى العقليين.

يترتب على مبدأ العدالة قواعد عدم الاستغلال مثل تلك التى صاغتها منظمة الصحة العالمية. وهكذا ليس من حق أحد أن يجرى تجارب لدى آخرين مالا يريد أن يجريه لديه. أو أيضًا: من غير المقبول أخلاقيًا أن تقوم بلد غنى بتجربة مصل فى بلد فقير وحين يصير المصل فعالاً يفيد أساسًا (على سبيل المثال بسبب تكلفته العالية) سكان البلاد الغنية.

مراعاة كل هذه المبادئ معًا ليس أمرًا سهلاً. فعندما تطلب إحدى البلاد النامية، التى لا يحظى فيها مرضى الإيدز بأى علاج فعال، أن يجرى على سكانها تجارب لأمصال، فهل على باحثى البلاد المتقدمة الذين يعملون فى مجال إعداد الأمصال أن يقبلوا انطلاقًا من حرصهم الإنسانى (الإحسان) أو يتراجعوا إزاء احتمال الاستغلال (عدالة)؟ وبوجه عام حينما يتقدم أشخاص تطوعًا لتجارب عالية الخطر (كما هى الحال عام ١٩٩٧ حينما أعلنت مجموعة أمريكية استعدادها للخضوع لتجربة مصل ضد الإيدز من خلال لقاح حى مخفف)، هل يجب قبول طلبهم حتى وإن كان الثمن هو إنكار وضعهم بوصفهم أشخاص مسئولين؟ وهناك اختيار صعب شائع يتعلق بـ"تعويض" الأشخاص الخاضعين للبحث: من الظلم ألا يستفيد الأشخاص الخاضعين للبحث من أى امتياز تعويضًا لهم على تفانيهم، ولكن إذا كان التعويض كبيرًا عُدَّ تحريضًا على الاشتراك، وهو ما يجعل الموافقة غير صالحة.

إن الحكم الأخلاقى يبحث مع كل حالة على حدة على نقطة التوازن بين الاقتضاءات المختلفة التى تليق بالوضع على أفضل وجه، وهذه ليست مهمة سهلة، دون حتى أن نذكر الصراعات الممكنة بين العقلانية الأخلاقية والعقلانية الاقتصادية والسياسية.

علوم السلوك الإنسانى

العلوم الإنسانية غير البيولوجية وغير الطبية (تاريخ، علم نفس، لغويات، اقتصاد، إثنولوجيا، أنثروبولوجيا، علم اجتماع...) قد وفدت متأخرة إلى التأمل حول أخلاق البحث. فى بعض البلاد (مثل أمريكا الشمالية) كل الباحثين الذين يجرون أبحاثًا على الإنسان خاضعون رسميًا لنفس الإلزامات (فحص البروتوكول بواسطة لجنة أخلاق قبل التنفيذ، الحصول على موافقة الأشخاص الخاضعين للبحث، إلخ.) وفى مناطق أخرى (كما هو الحال فى أوروبا بوجه عام) تعد القواعد أكثر غموضًا بالنسبة للعلوم الإنسانية والاجتماعية عنها بالنسبة للعلوم البيولوجية الطبية. القانون الفرنسى رقم ٨٨-١١٣٨ فى صيغته الأولى لا ينطبق سوى على

الباحثين فى المجالات البيولوجية الطبية. ومنذ مراجعته عام ١٩٩٤ أصبح ينطبق أيضا وبصراحة على الباحثين فى علم النفس. الباحثون الفرنسيون الآخرون فى العلوم الإنسانية لا يشعرون أنهم معنيون ولم يطالبوا بمد مجال القانون إلى تخصصاتهم. ولكن فى السنوات الأخيرة ظهر اهتمام جديد بالأخلاق المهنية.

فى الواقع، طرحت المشكلات الخاصة بأخلاق سلوكيات البحث منذ وقت طويل بواسطة الباحثين أنفسهم أو بواسطة صحفيين قاموا بتحقيقات حول برامج البحث، فى الأنثروبولوجيا على سبيل المثال. المشكلات المشار إليها فى الغالب مرتبطة باستخدام الكذب للحصول على المعلومات: "المشكلات الأخلاقية المرتبطة بإخفاء الباحث لهويته تبدو لى مطروحة اليوم على بساط البحث من عدة جوانب":

- "الظلم" الذى يرتكبه الباحث "غير المرئى" عندما يخفى هدفه وهو أنه يقوم ببحث، عن مصدر معلوماته.
- الخيانة المغلفة فى عملية نشر توصيفات تفسيرية يمكن لمصادر المعلومات أن يقرأوها (حتى وإن كانت هويتهم مقنَّعة)؛ هذه التفسيرات تتضمن أن مصدر المعلومات لم يكن شخصًا تتسم علاقتنا به بالمعاملة بالمثل. ولكن فقط مجرد فرد نستخدمه.
- رسالة الاحتقار التى تنتقل عبر تقديمنا لتفسيرات لم يطلب مصدر المعلومات أن يعرفها ولم يرغب فى أن يعرفها أحد.
- أخيرًا، كون أن الأشخاص مصادر المعلومات ليس لهم الحق فى الرد؛ وليس لديهم أى فرصة للتعبير عند عدم موافقتهم أو رفضهم للتفسيرات واقتراحهم لتفسيرات غيرها".

هذا الاستشهاد المأخوذ من خطاب أرسله بيجى جولد Peggy Gold إلى فريتز ريدلش Fritz Redlich وهو تعليق على قضية ترجع إلى سنوات ١٩٥٠، وعادت مرة أخرى إلى الأضواء فى سنوات ١٩٩٠ بمناسبة قضايا أخرى مشابهة.

دخل أحد الباحثين الأنثروبولوجيين إلى قسم الأمراض النفسية بأحد المستشفيات ليس لأنه كان مريضًا ولكن بتواطؤ من رئيسه فى العمل (ريدلش) لكى يقوم بعمله البحثى. وحينما دخل المستشفى أصابه ما يطلق عليه الأطباء النفسيين "سلوك الكتابة": فكان يدون ملاحظات طول الوقت، وتم تشخيص حالته بـ"عُصاب فى الشخصية"، وتم تحديد علاج نفسى له. وبعد مرور ثمانية أسابيع شعر الباحث الأنثروبولوجى (وكان اسمه وليام كوديل William Caudill) بعدم ارتياح لهذا الكذب فاعترف بأنه لم يكن موجودًا إلا لملاحظة التفاعلات بين الأطباء والمرضى. هذا الإفشاء كان مسليًا بالنسبة للمرضى ولكنه لم يكن مسليًا البتة بالنسبة للأطباء المعالجين الذين شعروا تجاه الباحث بحقد غاضب. فالأطباء النفسيون الذين يجدون أنه من الطبيعى ملاحظة مرضاهم خلف مرايا كاشفة من الخلف، وأن فكرة أن هذا يمكن أن يكون انتهاكًا لكرامة المرضى لم تمر بخاطرهم، اعتبروها إهانة لكرامتهم أن يجرؤ باحث أنثروبولوجى أن يأتى دون معرفة مسبقة لدراسة سلوكهم.

التسجيل للبشر فى جهاز تسجيل (أو فيديو) دون علمهم، وإجراء مونتاج لأقوالهم ونشر ترجمة لهذا المونتاج مصحوبة بتفسير فى لغة يجهلها هؤلاء الناس كانت ممارسة مقبولة لدى باحثى الإثنولوجيا كلما سمحت التكنولوجيا بذلك.

كان الأشخاص الذين تجرى عليهم الدراسة "بدائيين" أو سكان فقراء فى أحد الأقاليم المتخلفة من العالم، كما هو الحال أثناء عمل أوسكار لويس Oscar Lewis الذى ترتب عليه كتاب بيع فى كافة أنحاء العالم. كان لويس قد استقر عند عائلة فى ضواحى مدينة مكسيكو، وأصبح صديق العائلة فعرف كل أسرارها. ولم يعرف مضيفوه أنهم "مصادر معلوماته"، ولم يكن لديهم أدنى فكرة عن العمل العلمى. وفى يوم نشر لويس نتائج عمله. وقد أثار كتابه جدلاً واسعًا لدى باحثى الإثنولوجيا. رأى البعض أن هناك ظلمًا أو عدم لياقة فى استخراج معلومات بواسطة صداقة كان الأشخاص مصادر المعلومات يحسبونها صادقة، وعرض للحياة الخاصة لعائلة

(حتى مع تغيير الأسماء) فى إطار مجموعة ثقافية أخرى.

وقد نوقشت شرعية بناء خطة تجربة على خداع بشكل خاص بخصوص أعمال علم النفس الاجتماعى لستانلى ميلجرام Stanley Milgram. فهذا الباحث أوقع الأشخاص الخاضعين لبحثه فى خطأ فيما يخص الهدف الحقيقى لتجربته، دافعًا إياهم لارتكاب أعمال عنيفة يأنفونها فى داخلهم لكنهم لم يجرؤوا على التوقف عنها احترامًا منهم لسلطة الباحث ذى المعطف الأبيض الذى يأمرهم بارتكابها. كان ميلجرام يريد أن يثبت أن المكانة العلمية تعطى سلطة، وأن السلطة تؤدى إلى الإفراط فى السلطة، وأن أغلب الأشخاص الخاضعين لا يقاومون الإفراط فى السلطة بل يطيعونها بسلبية. كانت هناك مناقشات حادة حول الحق المفترض فى الكذب "من أجل العلم". رأى بعض الباحثين أن الإخفاء لا غنى عنه للحصول على معلومات حقيقية، لأن الناس يعدلون من سلوكهم عندما يعرفون أنهم مراقبين. ويرى البعض أن الكذب يخرب المسيرة العلمية. ويوجد اليوم أدبيات مهمة حول هذه المسألة. اللجنة الفرنسية الاستشارية القومية للأخلاق اقترحت عام ١٩٩٣ قواعد للسلوك الذى اعتمد على جزء منها قانون أوريبه Huriet فى نسخته المعدلة فى عام ١٩٩٤ (مادة L.209-9).

فتح أسئلة جديدة:

الأبحاث حول الجنين البشرى وحول الجينوم

حتى الآن كانت المسألة تتعلق بحماية المواطن (من ميلاده إلى وفاته) ضد الإفراط المحتمل لحب الاستطلاع العلمى. وخلال النصف الثانى من القرن العشرين فُتح حقل أوسع للاستكشاف أمام البحث: إمكانية رفع وحفظ عناصر لجسم الإنسان فى المعمل قابلة لإعادة التدوير (خلايا، أنسجة)، والحصول على جنين من خلال تخصيب فى الأنابيب أو بالاستنساخ، والكشف عن أشكال من الخلل فى الجينوم الموجود بخلايانا مع الأمل فى إمكانية تصحيحها (المعالجات الجينية). ضروب الإفراط، متوقعة أو متخيلة، فى هذه التطورات العلمية والتكنولوجية سببت

قلقًا. وتم إقامة عوازل أخلاقية وقانونية بشكل سريع: منـــع تجــارب الاستنـــساخ التكاثرى للنوع الإنسانى، منع بعض الأبحاث (بل حتى كل الأبحاث) على الجنــين الإنسانى. ولكن تجرى تجارب أبحاث أخرى: فك شفرة الجينوم البشرى، وتجارب المعالجات الجينية.

ولكى نرسم خطًا فاصلاً، فى هذا التوسع فى البحث، بين ما هــو مرغــوب عادة وبين ما لا يجب السماح به، ينبغى أن يكون لدينا مبدأ للحكم يستخدم أخـــلاق "حقوق الإنسان" كمرجعية. على الأقل هذه هى حالة "الإعلان العالمى عن الجينـــوم البشرى وحقوق الإنسان" الذى تبناه المؤتمر العام للبلاد الأعضاء فى اليونسكو عام ١٩٩٧. يصف هذا النص الجينوم البشرى بأنه "ميراث الإنسانية" ويريد حماية هذا الميراث فى إطار حقوق ومسئوليات الأشخاص والتضامن الدولى. يدعو هذا النص باسم حقوق الإنسان فى آن إلى: حرية البحث على الجينوم، الإلـــزام بـــأن تـــسعى تطبيقات هذا البحث إلى "تخفيف المعاناة وتحسين صحة الفرد والإنسانية بأســـرها"، ومنع ممارسة اختبار أو عملية جينية على شخص أو على جزء مأخوذ من جـــسم شخص، دون "موافقته المسبقة والحرة والمستنيرة" (إلا فى حالات خاصـــة يـــنص عليها القانون).

مادة١٠: لا يجوز لأى بحث يتعلق بالجينوم البشرى ولا تطبيقاته، وبوجـــه خاص فى مجالات البيولوجيا والجينات والطب أن تكون له الأولوية على احتـــرام حقوق الإنسان والحريات الأساسية والكرامة الإنـــسانية للأفـــراد، أو فـــى حالـــة الاقتضاء، لمجموعات من الأفراد.

سوف نشير إلى نوع المشكلة الأخلاقية التى يمكن أن تنـــشأ اليـــوم بقـــصة مختصرة. باحثان أمريكيان، أحدهما كان يعمل لدى قبائل البابو فى غينيا الجديـــدة منذ حوالى عشرة أعوام، اكتشفا أن الخلايا الدموية لإنسان ينتمى لقبيلة من البـــابو كانت مصابة بفيروس HTLV-1. هذا الفيروس يسبب فى العادة حالة خطيرة مـــن اللوكيميا. فى حين أن هذا الإنسان لم يكن مريضًا. تقدم الباحثـــان بطلـــب بـــراءة بالسلسلة الخلوية المصابة، آملين فى الكشف عن سر هذه المقاومة للسرطان. وقـــد حصلوا على البراءة فى عام ١٩٩٥. وبعد مضى عدة أشهر اكتـــشفت مجموعـــة

كندية وجود البراءة ونشروا بيانًا فى الإنترنت يتهم الولايات المتحدة الأمريكية بـ"الاستعمار البيولوجى". فقد تم سرقة الجينوم الخاص بقبائل البابو! وانتشرت الفضيحة فى كافة أرجاء الكوكب. ثم اتضح بعد ذلك أن هؤلاء البابو كانوا على علم من خلال الباحثين بنيتهم فى طلب البراءة، وأنهم تناقشوا فى الأمر ووصلوا إلى اتفاق بين القبيلة والباحثين. إذا كان قد تم الحصول على البراءة، وإذا تم التعرف على عامل جينى مهم، وإذا نتج عن ذلك تطبيق علاجى ذى جدوى، وإذا كانت هناك عوائد مالية، اتفقوا على أن يتقاسموا فيما بينهم هذه المزايا.

تطرح هذه القصة على بساطتها سلسلة كاملة من أسئلة الفلسفة الأخلاقية. جينوم فرد ما، هل هو ميراثه البيولوجى، أو عنصر من الميراث الإنسانى؟ لمن تنتمى الخلايا التى سيتم العمل عليها فى المعمل؟ وما الذى يثبت أن القبيلة التى جاءت منها الخلايا قد حصلت على نصيبها من الفوائد المالية المحتملة التى يأتى بها تطوير التطبيقات الصناعية للاكتشاف، فى حالة ما يكون هناك اكتشاف؟ وفى المقابل ما الذى يبرر أن مانح الخلايا ليس له أى حق فى أى ربح نابع من استخدام عنصر من جسده؟ وإذا توصلنا إلى التعرف على عامل جينى للحماية من السرطان، هل سيكون من المقبول أخلاقيًا السعى إلى إنتاج سلسلة من الكائنات البشرية تمتلك هذا العامل فى الجينوم الخاص بها؟ أو ينبغى الاقتصار على تجارب العلاج الجينى على الأشخاص المرضى باللوكيميا.

الواقع المعيشى للفاعلين: تحقيق جارى إنجازه

تم اختصار النص لدواعى النشر. وفيما يتعلق بمضمون هذه النقطة يمكن للقارئ أن يرجع إلى مقال(٢٤) يحلل الطريق الذى يجب المضى فيه من أجل أن تنتقل المبادئ الكبرى التى تحظى بالإجماع لأخلاق التجريب الإنسانى إلى الواقع اليومى للتجارب.

المراجع:

1. Comité consultatif national d'éthique (CCNE) pour les sciences de la vie et de la santé, *Éthique et connaissance*, Paris, La Documentation française, 1990, p. 74. Les rapports du CCNE peuvent être trouvés sur le site : *http://www. ccne-ethique. org.*
2. Bongrand (P.-C.), *De l'expérimentation sur l'homme. Sa valeur scientifique et sa légitimité*, thèse pour le doctorat en médecine, soutenue le 27 janvier 1905 devant la faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux.
3. Loi n° 88-1138 du 20 décembre 1988 relative à la protection des personnes qui se prêtent à des recherches biomédicales (dite loi Huriet), *Journal officiel de la République française*, 22 décembre 1988. Modifiée : Loi n° 94-630 du 25 juillet 1994, *JO*, 26 juillet 1994. Complétant le *Code de la santé publique*, Livre II bis, Art. L. 209-1 à L. 209-23.
4. Conseil économique et social, *Les Droits de la personne malade*, rapport présenté par C. Evin, *JO*, Avis et rapports du CES n° 16, juin 1996. Ce rapport inclut en annexe la *Charte du patient hospitalisé.*
5. Fagot-Largeault (A.), *L'Homme bioéthique. Pour une déontologie de la recherche sur le vivant*, Paris, Maloine, 1985, t.II, p. 9.
6. *Richtlinien für neuartige Heilbehandlungen und für die Vornahme wissenschaftschlicher Versuche am Menschen*, Reichsgesundheitsrat, 1931.
7. Association médicale mondiale — World Medical Association, *Declaration of Helsinki. Recommendations guiding Physicians in Biomedical Research Involving Human Subjects*, adopted by the 18th World Medical Assembly, Helsinki, Finland, June 1964, and amended by the 29th WMA, Tokyo, Japan, October 1975; 35th WMA, Venice, Italy, October 1983; 41st WMA, Hong Kong, September 1989; and the 48th General Assembly, Somerset West, Republic of South Africa, October 1996.
8. National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research, *Research Involving Prisoners : Report and Recommendations*, 1976. *Research Involving Children : Report and Recommendations*, 1977. *Research Involving Those Institutionalized as Mentally Infirm : Report and Recommendations*, 1978. *The Belmont Report : Ethical Principles and Guidelines for Research Involving Human Subjects*, 1978, Washington D.C. : US Govt Printing Office (DHEW); trad. fr. : « Médecine et expérimentation », *Cahiers de bioéthique*, 4, Québec, Presses de l'Université Laval, 1982, p. 233-250.
9. Organisation mondiale de la santé (OMS-WHO) et Conseil international des organisations médicales scientifiques (CIOMS), *Déclaration de Manille*, 1981 ; *Directives internationales pour la recherche biomédicale sur des sujets humains/Proposed International Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects*, Genève CIOMS, 1982 ; révisé, *International Ethical Guidelines for Biomedical Research Involving Human Subjects*, Genève CIOMS, 1993.
10. Conseil de recherches médicales du Canada/Conseil de recherches en sciences humaines du Canada/Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada, *Guide d'éthique de la recherche avec des sujets humains*, Ottawa, 1996.
11. Conseil de l'Europe/Council of Europe, *Convention pour la protection des droits de l'homme et de la dignité de l'être humain à l'égard des applications*

de la biologie et de la médecine/Convention for the Protection of Human Rights and Dignity of the Human Being with regard to the Application of Biology and Medecine, 1997, Série des traités européens/European Treaty Series — n°164.
12. KANT (E.), *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten*, 1785, trad. fr. : *Fondements de la métaphysique des mœurs* (section 2).
13. MILL (J.-S.), *Utilitarianism*, 1861, trad. fr. : *L'Utilitarisme*.
14. RAWLS (J.), *A Theory of Justice*, Cambridge, Harvard Univ. Press, 1971, trad. fr. : *Théorie de la justice*, Paris, Seuil, 1987.
15. GOSSELIN (G.), *Une éthique des sciences sociales*, Paris, L'Harmattan, 1992 ; *Journal des anthropologues* n° 50-511, 1992-93 ; *Bulletin de psychologie* n° 445, 53 (1), janvier-février 2000, spécial « Éthique en psychologie et déontologie des psychologues ».
16. REDLICH (F.), « The Anthropologist as Observer. Ethical Aspects of Clinical Observations of Behavior », *J. Nerv. Ment. Dis.*, n° 157, 1973, p. 313-319.
17. LEWIS (O.), *The Children of Sanchez*, 1961, trad. fr. : *Les Enfants de Sanchez*, Paris, Gallimard, 1963.
18. MILGRAM (S.), « Behavioral study of obedience », *J Abnorm Psychol*, n° 67, 1963, p. 371-378. Les expériences de Milgram sont évoquées dans le film *« I » comme Icare*.
19. *IRB. A Review of Human Subjects Research*, The Hastings Center, *(mail@thehastingscenter.org)*.
20. CCNE, *Éthique de la recherche dans les sciences du comportement humain*, Avis et rapport n° 38, 1993.
21. UNESCO, Comité international de bioéthique/International Bioethics Committee, *Déclaration universelle sur le génome humain et les droits de l'homme*, Paris, UNESCO, 1997.
22. *British Medical Journal*, 1995, december 2, n° 311 (7018), p. 1452.
23. AMIEL (P.), MATHIEU (S.), FAGOT-LARGEAULT (A.), « Acculturating Human Experimentation. An Empirical Survey in France », *The Journal of Medicine and Philosophy*, 2000, n° 24, sous presse.
24. CCNE, *Consentement éclairé et information des personnes qui se prêtent à des actes de soin ou de recherche*, Rapport et recommandations n° 58, 1998.

ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟[١٤]

بقلم: جاك بوفيريس

Jacques BOUVERESSE

ترجمة: راوية صادق

الفلسفة وفن التوجّه

تعطى الإشكاليات الفلسفية الانطباع بالتطابق دائمًا، إلى هـذا الحـد أو ذاك، مع أسئلة على شاكلة "أى اتجاه نتّبعه، حيث لاتوجد اتجاهات بديهية أو معترف بها" أو أيضا: "أى علامات إرشادية نستخدم، عندما لا تكون هناك بديهية معروفـة" أو أيضا: "أى علامات إرشادية نستخدم، عندما تنقص العلامات الإرشادية المألوفة أو نبدأ فى اعتبارها غير صالحة للعمل إلى حد ما؟" يقدم فيتجنستين **Wittgenstein** على سبيل المثال، الصعوبة الفلسفية باعتبارها من طبيعة أحد مشكلات التوجّه على نحو جوهرى. فالتجربة الفلسفية، بالنسبة له، هى اللحظة المحددة التى يقـول فيهـا الإنسان: "لم أعد أعرف أين أنا؟" أو: "لقد فقدت الطريق". فالطريق هو الذى قد يتيح التوجه نحو لغة المرء الخاصة المفقودة، التى ينبغى محاولة استردادها. قد يمكننـا الحديث عن مفهوم "جغرافى" لمهمة الفلسفة، مادام المقصود دائمًا هو إعـادة بنـاء جغرافية لغتنا، ومفاهيمنا.

فى حوار مع "بووسما" **Bouwsma**، يقترح فيتجنستين المقارنـة التاليـة: "الأشياء هى كما يلى: فى المدن الشوارع مخططة جيـدًا. وتقـود يمينًـا ولـديك العلامات المضيئة. ثمة قواعد. عندما تغادر المدينة، هناك مزيد من الطرق، لكـن بلا علامات مضيئة. وعندما تبتعد أكثر، لا توجد طرق، ولا يوجد ضوء، لا شىء

---

(١٤)نص المحاضرة رقم ٢١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢١ يناير ٢٠٠٠.

لإرشادك. لم يعد يوجد سوى غابات. عندما تعود إلى المدينة، قد تشعر أن القواعد سيئة، وأنه لا ينبغي أن توجد قواعد، إلخ".

يبدو أن المشوار المقصود تركنا في مكان لم يعد فيه لا علامات إرشادية، ولا قواعد، ولا معالم. نحن لا نعرف إذا كنا سنعثر مرة أخرى على طريقنا للعودة إلى المدينة، وإذا كنا لن نجد الحياة في المدينة لا تحتمل أو بلا أهمية، عند العودة. قد يكون لدينا الشعور بأن القواعد التي تحكم الحياة المتحضرة لا تحل أي شيء، لاعتباطيتها أو أن الغياب الصرف والبسيط للقواعد سيكون، رغم كل شيء، الأفضل.

والسؤال "هل يمكن الاعتماد على الفلسفة للتوجه خارج المدينة وعند العودة، في المدينة؟" هو نفسه سؤال فلسفي، وأول الأسئلة التي ليس لها إجابة مفروضة أو حتى مقبولة ببساطة في الفلسفة.

أي ضوء يمكننا الاعتماد عليه بالضبط للخروج من الوضع الذي وضعتنا فيه الفلسفة؟ هل أضواء الفلسفة نفسها كافية أم علينا أن نستعد لاستخدام أضواء أخرى، مثل الخاصة، على سبيل المثال، بإحدى النظريات الأخلاقية أو الدينية المقترحة علينا اليوم؟ يذكر بووسما أن فيتجنستين قال له: "إذا كان لديك ضوء، أقول: اتبعه. قد يكون جيدًا. وبالتأكيد الحياة في المدينة لن تكون حسنة." ما كان أهم، بالنسبة لـ فيتجنستين، ليس اختيار الضوء الخاص وإنما الإخلاص، الأمانة والشجاعة التي من خلالها نستطيع السير وراء ما لدينا.

بالنسبة له، لا تستطيع الفلسفة في حد ذاتها توفير أضواء خاصة، لكن ما هو مختلف حقا، هو الوضوح. فأقصى ما يمكن طلبه منها هو أن تنجح في أن تجعل الناس أوضح بعض الشيء وأوضح بعض الشيء مع أنفسهم على نحو خاص، في اختيار أضوائهم التي يتصورونها ويقدمونها لأنفسهم وللآخرين وفي طريقتهم في اتباعها.

لا يحبذ فيتجنستين مفهوم الفيلسوف كمعلّم في التفكير أو كمرشد، سواء

بالنسبة للأفراد الذين توجه لهم رسالته، أو لعصره. لكن هذا ما نتوقعه عمومًا من الفلسفة اليوم وغالبًا أكثر من أى وقت مضى. فعصرنا، بعد أن حاول حلولا أخرى، يعطى الانطباع بالبدء فى الاعتماد على الفلسفة لحل مشكلات التوجه. لكن لا ينبغى أن نتوقع من الفلسفة تقديم إجابات محددة ومتواطئة لأسئلة على غرار "كيف يمكن التوجّه فى الفكر أو فى الحياة؟".

التوجه من خلال الفلسفة
أم التوجه فى الفلسفة؟

قبل التوجه بفضل الفلسفة، علينا النجاح فى التوجّه فى الفلسفة نفسها. والحال أن الفلسفة ليست مجال إجماع عام بأى شكل من الأشكال، ليس فقط على أكثر المبادئ جوهرية، وإنما أيضا فيما يخص الاختلاف والصراع الذى لم يبت فيه وعلى الأرجح غير المحلول، بين خيارات وإجابات متعارضة.

يلاحظ ماكينتير **MacIntyre** فى مؤلفه " ثلاث نسخ متنافسة للمتطلبات الأخلاقية" أن المجموعات داخل أقسام الفلسفة أصبحت من الكثرة إلى حد يجعلنا نتساءل ما إذا كان لا يزال ممكنًا مخاطبة الطائفة الأكاديمية أو حتى ببساطة الطائفة الفلسفية باعتبارها كذلك. فأغلب الكتب الفلسفية تستهدف مجموعة من القراء مقلصة فى أبعاد أحد الاتجاهات، إحدى المدارس بل أحيانًا بجماعة خاصة ببساطة، وأبدأ عمليًّا بطائفة الفلاسفة نفسها. والخلافات جوهرية وعميقة إلى حد أنه لا يمكن الحديث عن منازعات تحدث فى إطار مفهوم مشترك عن العقلانية، وإنما مفاهيم متنافسة للعقلانية نفسها، النظرية والعملية فى آن.

تتضمن"موضوعات الخلاف، مثلما يكتب ماكينتير،" قضايا تتعلق بالمناهج والأسلوب الملائمين للبحث الفلسفى، مسائل لها علاقة بالمفاهيم التى ينبغى أن نوكل إليها مكانًا جوهريا ومركزيا فى بناء النظريات الفلسفية، والتفسيرات الخاصة بالدلالة، والمرجعية، بمكانة اللغة فى العالم الطبيعى والاجتماعى، بالطريقة التى

ينبغى بها فهم علاقة الفكر بالجسد، و(...) معايير طريقة تناول أو نمط بحث متفردين، أو نظرية أو تفسير خاص، التى ينبغى الحكم عليها بأنها أرفع منزلة على الأخريات" **(ص12)**. لا تنحصر الانشقاقات الحالية فى الفلسفة فى معرفة ما يمكن تبصره وقبوله فحسب باعتباره تبريرًا عقلانيا، وإنما أيضا تلك التى تخص الفائدة والأهمية التى نتفق على منحها لفكرة التبرير العقلانى نفسها ولتتويج الكل، ضرورة وفائدة المناقشة فى الفلسفة.

فالخلافات، حسبما يرى ماكينتير، من الكثرة إلى حد أننا نضطر إلى الحديث عن استحالة القياس واستحالة الترجمة. لكن، خلافًا لفلاسفة آخرين كثيرين، لا يرى أن الأمر يلغى كل إمكانية مواجهة جادة: "... الاعتراف باستحالة قياس واستحالة الترجمة المهمين فى العلاقات بين نظامين متعارضين للتفكير والممارسة يمكنه أن يكون مقدمة ليس للسجال العقلانى فحسب، وإنما أيضا لنوع السجال الذى يمكن لجزء منه أن ينبعث باعتباره متفوقًا على نحو لا يقبل المناقشة من وجهة النظر العقلانية (...) على الأقل لحقيقة أن التعرض لسجال من هذه الشاكلة يمكنه أن يكشف أن إحدى وجهات النظر المتنافسة تؤدى إلى إخفاق فى مصطلحاته الخاصة ووفقًا لمعاييره الخاصة"(صp).

والحال، نحن بعيدون تماما اليوم عن هذا الوضع. نحن لا نصل حتى، فى أغلب الأوقات، إلى اللقاء والمواجهة. وكثيرًا ما لا يقتسم ممثلو المدارس المختلفة أى شىء بينهم خارج الانتماء لنفس المؤسسة الأكاديمية.

لذا فإن فكرة طائفة موحدة منضمة لمبادئ مشتركة وتحركها رغبة حقيقية فى النقاش والسجال بين اختيارات متعارضة بوضوح هو وَهْم اليوم. وعندما يتعلق السؤال بمعرفة إلى أى حد يمكن للفلسفة ادعاء أنها مرشد لعهدنا فى حل مشاكل التوجّه المطروحة عليها، فمن الأفضل بالتأكيد ألا تغيب عن بالنا هذه المشكلة.

نُشر نص "كانط": "ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟" فى مرحلة كانت فيها الاندفاعة الأولية للـ"تفسير" **Aufklarung** قد أصابها الوهن وتم إنكار وتهديد

سلطة العقل بصعود اللاعقلانية، مما شكّل وضعًا يقدم تماثلات عديدة مع ما نعرفه فى وقتنا الراهن.

نشر كانط عام ١٧٨٤ مؤلفه "إجابة على السؤال: ما "التنوير"، وبعد عـامين يقترح إجابته على سؤال آخر، يرتبط مباشرة بالأول، وهو: "ما الذى يعنيه التوجّـه فى الفكر؟". يرتبط السؤالان بضرورة الفصل فيما إذا كان العقل قـادرًا علـى أن يؤسس بنفسه مبدأ توجه كاف للفكر ولماذا، بينما الكائن الإنسانى، الذى يمكنـه أن يختار التصرف فى كل المسائل النظرية والعملية المهمة وفقا لعقله أساسا، لا يفعل ذلك عموما. لا يكفى بداهة التحقق من أنه حيث كنا نعتمد حتى الآن على الـسلطة والتقاليد والدين، يمكننا أيضا استخدام حجتها. إنها بينة نظرية أساسـا ويمكنهـا أن تظل كذلك على نحو جوهرى. ينبغى قبل كل شىء أن نجرؤ أولا على عمـل مـا اعترفنا أنه ممكن.

والحال أنه لا يمكننا فقط ألا نحسم عدم الاستفادة من حجتنا، بل نقرر أيـضا ألا نستخدمها. إنها زاوية لا تتوافق مطلقا مع التفاؤليـة العقلانيـة، التـى ننـسبها بسهولة إلى فلاسفة "التنوير"، فيما يخص الطريقة التى يدركون بها الوضع عموما. "أحد أكثر التطبيقات غرابة التى صنعها الإنسان من العقل، حسبما يكتب ليشتنبيرج **Lichtenberg**، هو بلا شك اعتبار حقيقة عدم استخدامه للعقل من الروائع، ورغم ميلاده بأجنحة، فهو يقطعها ويتركها مع أول شجار". يؤكـد كـانط أن: "الكـسل والجبن هما السببان اللذان يجعلان عددًا كبيرًا من الناس، بعد أن تحرره الطبيعـة منذ زمن بعيد من كل سلوك غريب، يظل رغم هذا طوال حياته، عن طيب خاطر، فى حالة الوصاية ويتصرف على نحو يسهل للغايـة للآخـرين فـرض أنفـسهم باعتبارهم أوصياء3 عليهم". يفضل الكائن البشرى عمومًا العيش تحـت وصـاية سلطة أجنبية على العيش تحت وصايته هو. لكن الــ"مفسرون" يعتقدون ويجرؤون على القول بوضوح إنه مخطئ، بينما اليوم نحن أكثر ترددًا فى عمـل ذلـك، لأن التفوق الذى كانوا ينسبونه لمعارف العقل بعيد عن أن يكون بالنسبة لنا فى بداهة ما كانه بالنسبة لهم.

كانط والسؤال:
ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟

ينطلق كانط، فى "ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر" من مفهوم جغرافى للتوجه: "التوجّه يعنى بالمعنى المحدد للكلمة: العثور على الآخرين انطلاقًا من منطقة معينة من السماء (نحن نقسم الأفق إلى أربع مناطق)، ولاسيما المشرق. إذا رأيت الشمس فى السماء وأعرف أن الوقت ظهرًا حاليًا، أستطيع العثور على الجنوب، والغرب، والشمال والشرق. أنا أحتاج بالضرورة، فى هذا الصدد، للإحساس باختلاف ذاتى، أى الخاص بيمينى ويسارى. أسميه إحساس، لأن هذين الجانبين لا ينمان ظاهريا عن اختلاف بارز فى الحدس". (ص57) هذا المفهوم الـ"جغرافى" عن التوجه يتم توسيعه بعدئذ إلى التوجه الـ"رياضى" فى أى فضاء محدد مثل حجرة أعرفها على سبيل المثال، لكنها غير مضاءة. وأخيرًا، يمكننا الحديث عن مهارة التوجه لا فى الفضاء فحسب، أى "على نحو رياضى"، وإنما أيضا، عموما، فى الفكر، أى "على نحو منطقى".

تستند إمكانية التوجه فى الحالات الثلاث على مبدأ التمييز الذاتى. ولا يفلت فضاء الفكر، فى هذه النقطة، من القاعدة. " يعنى التوجه على نحو عام فى الفكر [...]، حسبما يكتب كانط، نظرا لعدم كفاية مبادئ العقل الموضوعية، تحديد تصديقه وفقا لأحد المبادئ الذاتية له". (ص ٥٩، ملحوظة) المشكلة فى التوجه عندما نتخطى حدود التجربة الممكنة، عندما لا نجد أى شيء يخص الحدس، سوى فضاء له فحسب. كيف يمكن لمهارة المعرفة والفهم أن تعمل عندما تتناول فضاء لن تتبع قاعدته الوحيدة، التى لا تزال تستطيع الخضوع لها – إذا ما كان هناك قاعدة، إلا منها هى؟

ينبغى التساؤل فى مجال مهارة المعرفة والفهم الخالصين عما إذا كانا لا يزالان يشكلان فضاءً يمكن التوجه فيه وفقًا لقواعد محددة يمكن جعلها مشروعة على نحو عقلانى. لا تطرح أى إشكالية من نفس النوع، بالنسبة لكانط، عندما

يكون الفضاء الذى نبحث عن التوجّه فيه هو الخاص بالمعرفة وبالسيطرة على الظواهر. لكن ما أن يتم حصر الإدعاءات المبررة على نحو ملائم من خلال الفلسفة الناقدة، يمكن حل المشكلة على نحو صارم ونهائى تمامًا بالنسبة لكانط. وسنضطر، مادمنا لم نتوصل إلى الوعى الذى تمثله الفلسفة النقدية، للاستسلام لرؤية مجال السيطرة - الذى يقع ما وراء فضاء إمكانيات المعرفة بحصر المعنى، ويمكن أن نسميه الاستخدام التأملى للعقل- المنشغل على نحو رئيسى أساسًا بالصراع بين ادعاءات المعرفة غير المؤسسة، التى يستحيل حذفها أو أيضا الاختيار بينها.

ليست المشكلة هى أنه عندما نخوض مغامرة تتخطى حدود التجربة الممكنة، تنقص مبادئ التوجه فى الوقائع، تمامًا. فهى، على النقيض، موجودة بوفرة. ولأن هذا المظهر يبدو للوهلة الأولى فارغًا من الأشياء وبلا بِنية يُقترح على العقل عدد وافر من مبادئ غريبة على نحو منتظم كى نقصدها بأكثر الطرق أمانًا. والمشترك لديهم هو ما يسميه كانط "حس مفترض وغامض بالحقيقة، أو حدس مفارق يأخذ اسم الإيمان، يمكن للتقاليد والكشف أن ينضافا إليه بدون موافقة العقل" (ص٥٦ - ٥٧). حيث لم يعد من الممكن للتجربة أن تقرر أن توجد، حسبما يُعتقد، أساليب سريعة وأكثر تأكيدًا من تلك الخاصة بالمعرفة التجريبية وأيضا العقل الخالص للعثور على الحقيقة. وهكذا، بالنسبة لكانط، من حق العقل أن يكون "أول من يتحدث عن الأشياء التى تخص الموضوعات فوق الطبيعية مثل وجود الله أو العالم المقبل" (ص٧٦). منازعة هذا الحق، "هو، حسبما يقول، الباب المفتوح على مصراعيه لكل الخرافات بل حتى الإلحاد".

بالنسبة لكانط، فإن المبدأ الذاتى الذى وفقًا له لا يزال يمكننا التوجه فى الاستخدام التأملى للعقل هو الإحساس باحتياج يخص العقل نفسه. كل السلطات الخارجية التى تتكفل بتوجيهنا بالنيابة عنا فى الفضاء المقصود تستمد قوتها من طريقتها فى التأمل فى الحاجات التى تخص الحساسية والإحساس، بالمعنى الواسع، لا تلك التى تخص بالأحرى العقل. على هذا النحو، تتحول الحقيقة نفسها، فى

الـ**Schwarmerei** (بالألمانية فى الأصل)، إلى موضوع لإحساس من نوع معين، إحساس الحقيقة. بالنسبة لكانط، هو الاعتراف بالاحتياج للعقل الذى، هو وحده، يستطيع وينبغى أن يقودنا نحو معتقدات للعقل الخالص، مثل الإيمان بوجود الله أو خلود الروح، تُقبل لا كفرضيات للعقل النظرى، وإنما فى شكل فرضيات أولية للعقل العملى. ليس إذن من خلال معرفة محددة للعقل، وإنما من خلال احتياج يتم الشعور به من خلاله، لايزال بوسعنا التوجّه فيما وراء المعرفة.

مادامت الممارسة الكاملة للعقل قادرة على أن تقودنا إلى معتقدات محددة تتعلق بالأشياء فوق الطبيعية مثل الله والروح، لا يوجد أى سبب لتوقع أن يقود مبدأ "التنوير" إلى الإلحاد. إن الـ"تفسير" الألمانى موجّه، على نحو عام، ضد الخرافة بنفس قدر توجهه ضد عدم الإيمان. لا يقول كانط أن العقل هو الوحيد الذى له حق الحديث عن المسائل فوق الطبيعية، هو يقول فقط إن له الحق فى أن يكون الأول فى الحديث. بطبيعة الحال لا ينبغى فهم "الأول" هنا بالمعنى الخاص بالتسلسل الوقائعى. فقد سُمعت أصوات عديدة حول هذه المسائل قبل صوت العقل الخالص، ولاسيما الصوت الخاص بالديانات المنزّلة. يُخضع كانط المعتقدات الموجودة ببساطة لدراسة العقل، باعتباره الحكم الأخير. وهو لا يعتقد مطلقًا أن على الاختبار أن يكون مشئوما لكافة أشكال الإيمان الدينى أو الحقيقة المنزّلة.

ما الذى تغيّر منذ الفترة التى منح فيها كانط السؤال "ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟" الإجابة التى ذكرْت مضمونها؟ إن فلاسفة مثل كانط كانوا يفترضون مسبقًا انضمام كل شخص متعلِّم على نحو ملائم لمفهوم جوهرى فريد للعقلانية، بينما نحن نحيا فى ثقافة من خصائصها الجوهرية المنافسة والصراع بين المفاهيم المختلفة والمتعارضة للعقلانية، للمفاهيم التى لا يوجد بينها، بالإضافة إلى ذلك، سوى قليل أو لا شىء على الإطلاق من السجال الحقيقى.

وفقًا لهذا المبدأ أيضا، يمكننا البت فى أن التوجّه فى الفكر يدرك من الآن فصاعدًا على نحو ذاتى، بمعنى مغاير تمامًا لذلك الذى فكّر فيه كانط. فبالنسبة له،

حتى مع بقاء المبدأ ذاتيا، فهو ليس ذاتيا بداهة بمعنى أن اختيار العقل، الذى تم تفضيله مقارنة بمصدر آخر من الإيمان والحسم، سيكون هو نفسه ذاتيا. ومبدأ التوجه ذاتى فقط بمعنى أنه لا يمكن أن يؤسس لا على إحدى الخصائص الموضوعية للفضاء الذى نبحث عن التوجه فيه، ولا على الوجود المفترض مسبقًا للأشياء المحددة والمعروفة فى هذا الفضاء، مادام هذا الوجود هو بالضبط شيء ينبغى البت فيه تمامًا. لكن، منذ فترة معينة، يقدم أعداء العقلانية على نحو متواتر ما كان كانط يسميه العقل، على أنه التعبير عن تفضيل لا يتمتع بأى شيء عقلانى، وله طبيعة نفسية بالأحرى ومن ثم، ذاتية، ومرة أخرى، بمعنى لا يتمتع بأى كانطية.

اتخذ هذا التطور أشكالا راديكالية على نحو خاص. والفكرة الغالبة اليوم هى أن فضاء الفكر، الذى جاهد كانط فى تحديد إمكانيات ومبادئ توجهات فيه، ينبغى تصوره كفضاء تتساوى فيه تقريبًا كل الاتجاهات ويمكن اتباعها على حد سواء.

ينبغى، حسبما يبدو بالنسبة لفضاء الفكر عمومًا ولتمييز الحقيقى من الباطل، امتلاك هيكل قابل للمقارنة بالشعور بالاختلاف بين الجهة اليمنى والجهة اليسرى، الذى يرى كانط أنه لا غنى عنه لتمييز المناطق فى الفضاء، بالإضافة إلى امتياز الحقيقى، المماثل لما منحته الطبيعة عرضيا، وفقًا لكانط، للجهة اليمنى فيما يخص البراعة وربما أيضا القوة. ونأمل أن نستخلص على الأقل من هذا مبدأً أوليا وجوهريا للتوجه فى الفكر. لكن حتى التمييز بين الحقيقى والزائف لم يعد مقبولا عالميا كمبدأ جوهرى للتوجه. فمنذ فترة يعتبر البعض فكرة ضرورة أن يوجهنا على الأقل الاهتمام بالحقيقة عمومًا، ساذجة، مشوشة وقديمة.

الفلسفة المعاصرة ومسألة كانط

ليس ثمة مبالغة فيما سبق أن قلته. فستيفن ستيش **Stephen Stich**، على سبيل المثال، يؤكد أنه ما أن نتعرف بوضوح على ما هى دلالة أن يكون الإيمان حقيقيا، "لن يجد أغلبنا أية قيمة (...) فى واقعة امتلاك معتقدات حقيقية". فعديد من

المفكرين، الذين قد يحتجون بسخط بالتأكيد، إذا اشتبهنا فى عدم حرصهم على الحقيقة، يُظهرون عمليا، فى طرق التفكير وفى الكتابة، احتقارًا كبيرًا لها. حتى أدنى نواة للعقلانية التى قد تبدو مشتركة بين كل المشاركين فى السجال، أى الذى ينشأ من الاعتراف بعلاقات التعارض والعلاقة التضمينية المنطقية الموجودة بين المعتقدات يمكن معارضتها تمامًا، هى أيضا: إذا لم نعد نجد أى فائدة فى واقعة محاولة امتلاك معتقدات حقيقية، قدر المستطاع، بدلا من الباطلة، فلماذا نجد ببساطة محاولة أن نكون مترابطين منطقيا مثيرة للاهتمام ؟

إذا كنا مهيأون اليوم لإظهار هذا القدر من المراعاة إزاء القدرات المنطقية وعقل الآخرين مثلما هو لدينا بالنسبة لمشاعرنا وانفعالاتنا، قد نستطيع الانتساب لنموذج ونظرية فليسوف من قبيل كانط. لكن لم يعد باستطاعتنا أبدًا المطالبة بجهد عقلانى جاد بعض الشيء من جانب معاصرينا دون المخاطرة بإثارة الشك فورًا فى احتقار أو سب رغبات، مشاعر أو انفعالات أيا ما كانت. حتى فى العالم الفكرى عادة، تعتبر الأخطاء ضد العقل والمنطق أقل إثارة للصدمة من نقص المراعاة لمجموعة الانفعالات.

يحتج أغلب الفلاسفة بحمية، عندما نبلغهم أنه، فى بعض الولايات الأمريكية، يمنح نظام التعليم ميزات متساوية، بالنسبة لتفسير أصل الإنسان، لنص "سفر التكوين" والنظرية الداروينية. لكن فقط فى حالات من هذا النوع، يبدو أنهم يعثرون فجأة على نفع من وجهة نظر العلم. سيكون مساءلة أنفسهم عن الطريقة التى ساهموا بها فى جعل هذا النوع من التعادل الذى يثير استيائهم، معقولا ومقبولا. فبغرس اللامبالاة إزاء العقل والعلم بانتظام، قد يتولد لدينا الانطباع بخدمة قضية الفلسفة، الفلسفة الـ"حقيقية" على أية حال، لكننا سنخدم أيضا، لسوء الحظ، قضايا أخرى عديدة، بعضها مريب للغاية.

هل السؤال الذى نستطيع التردد إزاءه بصدد "التنوير" خاص بمعرفة ما هو عليه بالضبط، وليس بالأحرى الخاص بوضعنا الدقيق إزاء تقاليد "التنوير"؟ إنه

السؤال الثانى الذى يسيطر حاليًا على جزء كبير من السجال. ورسميا، أصبح "التنوير" فى جدول الأعمال من جديد.

لكن ما كان يبدو واضحًا فى برنامج الـ"تفسير"، أى ما ينبغى فهمه عندما نتحدث عن " أن يفكر المرء بنفسه"، هو بالضبط شيء معقد على نحو فريد وأكثر التباسًا مما قد نفكر فيه فى عهد كانط. يمكننا الاعتقاد تمامًا أننا نفكر بأنفسنا بينما قد نفكر أساسًا وفقًا لتقاليد هى، بالإضافة إلى ذلك، تقاليد منتهية، مثلما هو الأمر، وفقًا لبعضهم، بالنسبة لتقاليد الـ"تفسير" نفسها. تقاليد سيؤدى اختراع مفاهيم جديدة أو، مفردات جديدة من جانب مفكرين من النوع الذى يسميه رورتى **Rorty** "المُشيد"، بدلا من "النسقى"، إلى أن يجعلها بالأحرى بالية. يعتقد رورتى أن موقف الناس الذين يستمرون فى الرجوع إلى أشياء مثل الحقيقة والموضوعية وإلى نسب قيمة نموذجية للعلم والمنهج العلمى ينبع ببساطة من "الراحة".

الـ"تفسير" وأعدائه
شروط إمكانية مواجهة حقيقية
هل هى متحققة اليوم

تحدثت عن المفاهيم المختلفة للعقلانية التى تتصارع اليوم فى الفلسفة وغالبًا أيضا فى عقلية عصرنا. إنها فكرة غير مدركة بالعقل إلى حد ما بالنسبة لأحد ممثلى التقليد العقلانى. ما يسميه البعض شكلاً آخر للعقلانية لا يختلف، بالنسبة له، عن اللاعقلانية البسيطة. لكن أعداؤه سيقولون أن ذلك يعود إلى أنه يعوزه البعد لما يخص تقاليده التى لا يمكن أن تتبع بدقة إلا من مكان آخر ومن مصدر آخر. يبحث ماكينتير فى كتابه الذى سبق أن تحدثت عنه، الوضع بعد قرن من نشر نص كانط "ما الذى يعنيه التوجّه فى الفكر؟". إنه يميز ثلاثة مفاهيم كبرى متنافسة فى البحث الأخلاقى متعارضة وقتئذ، تم التعبير عنها على التوالى فى الطبعة التاسعة من "الموسوعة البريطانية" (المنشورة منذ عام١٨٧٣)، "أصل الأخلاق" لنيتشه

(١٨٨٧)، والرسالة البابوية "إصلاح الفلسفة المسيحية" **Aeterni Patris**، للبابا ليون الثالث عشر **Léon xIII** (١٨٧٩).

لا نستطيع بالتأكيد مطابقة النموذج المقترح فى "الموسوعة البريطانية" مع النموذج الكانطى. لكن مفهوم الأخلاق والبحث الأخلاقى يرتكز، فى الحالتين، على فكرتى العقل والتقدم الرئيسيتين. ونوع النص المخرب الذى يبنيه النسب النيتشوى موجّه ضد التوجه الأول بنفس قدر توجهه ضد الثانى. إن وجهة نظر النسب النيتشوى وما بعد النيتشوى هى أن ما يتقدم كخيار لصالح المنطق والحقيقة يمكن تفسيره باعتباره التعبير عن شكل خاص، أصابه الوهن والانحطاط، لإرادة القوة. يوجد منظور، لا يستطيع الوصول إليه المهتمون من حيث التعريف، ويسمح بإظهار الانضمام إلى نموذج من قبيل نموذج كانط أو "الموسوعة البريطانية" باعتباره هو نفسه أثرًا لأحد أشكال الضغينة أو البغضاء يتقدم تحت قناع تفضيل وقرار عقلانيين.

خلال هذه العقود الأخيرة، فى فرنسا على أية حال، انطمس المنظور الخاص بالأنساب لصالح المنظور الموسوعى أو، كى نعود للأصول، الخاص بالـ"تفسير". لكن هذا التغيير لا ينتج من مواجهة حقيقية خلصت إلى تفوق أحد المنظورين على الآخر. ما يحدث هو ما كان بالأحرى نموذجًا، فاقدًا للاعتبار منذ عهد قريب، عثر فجأة على رصيد كاف كى يحل محل القديم وينجح بدوره فى أن يجعله يبدو قديمًا إلى هذا الحد أو ذاك. والنتيجة التى لا يمكن تجنبها هى النسيان أو إهمال الأشياء المهمة أكثر من إمكانية تبنى منظور مختلف حول مفهوم عن الأخلاق والبحث الأخلاقى، الذى يبدو أنه أصبح مرة أخرى مسيطرًا، وكان من المفترض أن يعلمنا به.

يلاحظ ماكينتير أن ما يتم اقتسامه من أخلاقيات بين أعضاء المجتمعات الفردية، المنفعية والمتعية، التى نعيش فيها، فقير على نحو لافت للنظر. هذا يعود، بالنسبة له، إلى تلف ونسيان التقاليد التى كانت قادرة على تطوير مفهوم أكثر

جوهرية بوضوح وأكثر ثراءً من الأخلاق، وعلى نحو خاص التقاليد الأرسطية- المدرسية. يمكنه إذن أن يصف الفكرة الخاصة بـ"أخلاق مستنيرة" بـ"تطيّر الحداثة"، بالمعنى الخاص بالمفهوم الموسوعى.

لكن، حتى لو لم يكن المفهوم الموسوعى هو مفهومنا حقا، ثمة واقعتان إشكاليتان ينبغى أخذهما بعين الاعتبار.

- ربما لم نعد نعتقد فى إمكانية تصديق المفهوم الموروث من الموسوعة، لكننا نواصل الإدعاء بأنه ممكن ومتماسك. والمقصود، على أية حال، مثلما يقول ماكينتير، "تخطيط لمعتقد ربما يكون قد أُنكر، لكن طريقة إنكاره لاتزال تحدد شكل المؤسسات الثقافية والهيئات الفكرية المعاصرة"(صـ٢١٧) .

- تمثل أحد المكونات الأساسية للنموذج الموسوعى والخاص بالـ"تفسير"، فى اليقين بوجود إطار يمكن فيه من الآن فصاعدًا، لا إيواء المسائل الخاصة بالحقيقة والأخلاق فحسب- مما يتيح المواجهات العقلانية وأيضا حسمها، بل والاعتقاد أنها ستحسم ذات يوم على نحو عقلانى. والحال أنها إمكانية لم نعد نؤمن بها اليوم بالتأكيد.

لهذا الوضع نتائج مهمة بالنسبة لطبيعة السجالات الدائرة اليوم فى مجال الأخلاقيات التطبيقية، وهو مجال الفلسفة مطلوبة فيه بإلحاح. "عندما استجابت الفلسفة الأخلاقية والفلسفة اللاهوتية التى تخالفها، حسبما يلاحظ ماكينتير، للنداء الذى وجّه لهما للإجابة على الأسئلة التى طرحها الأعضاء القلقون فى بعض المهن، نادرًا ما تخطيا إعادة إنتاج نسخ جديدة للمشاحنات التى يستحيل إنهاؤها، والتى فشلت إزاءها مشروعاتهم الخاصة بهم. إن منظرى القانون، والنفعيين ومنظرى القابلية للعالمية، والمنتمين للـ"عَقد" والمحركين المتعددين للخلطات المتنوعة لهذه المفاهيم، يقترح كل واحد منهم حلوله الخاصة، المتعارضة فيما بينها، للمشاكل الخاصة بكل مهنة معينة، مع مخرج مغاير تمامًا، رغم هذا، للذى نحصل عليه فى الفلسفة الأخلاقية نفسها. ففى المجال العملى للمهنة، لا يمكن

السماح بأن تظل الأسئلة التى تضر المسائل الخاصة بالحركة الفورية بلا تسوية. ينبغى، على هذا النحو أو ذاك، صياغة شفرات، وإجراء اختيارات، وحل معضلات، بتبرير أو بدون تبرير عقلانى. والحاصل أنه فى هذا المجال، ما هو بالفعل سجال فكرى غير قاطع، يؤدى مع ذلك إلى قرار عملى للمشاكل، قرار يقع على عاتق الخطابة الفلسفية والخطابة المهنية بإخفاء خاصيته العشوائية" (صـ٢٢٦-٢٢٧).

إذًا يؤكد علم الأخلاق التطبيقية أن فكرة البحث الأخلاقى بدون اتفاق ما متحقق فى البدء، محكوم عليه بالعقم والفشل. إنها إحدى خصائص المجتمعات الليبرالية التى تتمثل فى تنحية الخيارات المختلفة التى تخص طبيعة ومضمون الأخلاق، نحو المحيط الخاص، وأن تتركها تعبر عن نفسها وتتواجه بحرية، طالما أن مسألة الصالح العام غير معنية مباشرة. لكن عندما يصبح الأمر معنيا، ويصبح الوصول إلى قرارات توافقية لا غنى عنه، تستعيد مرة أخرى، بالضرورة، كل أهميتها وأيضا حدتها.

يخلق هذا الأمر مشكلة صعبة بالنسبة للفلسفة. إذا كانت الحلول الوسط التى لا غنى عن الوصول إليها ذات طبيعة سياسية وبرجماتية، بدلا من أن تكون فلسفية خالصة بالضبط، فإن إمكانية أن تلعب الفلسفة دورًا فى السجال يقابل الفكرة التى تصنعها لنفسها والتى لنا الحق فى أن ننتظرها منها، بعيدة عن أن تكون بديهية. أن نطلب منها باستمرار إعادة صياغة وإعادة تنشيط الخلافات الموجودة حول مسائل جوهرية بين المفاهيم المتنافسة عن الخير والأخلاق، سيعنى أن نوكل إليها مهمة توشك أن تكون غير مجدية فى معالجة مشاكل ملموسة تتطلب أن نتسم بالعزم.

أى نوع من الكفاءة ننسب إلى الفيلسوف فيما يخص المسائل الأخلاقية، إذا ما كان مفهومًا أن وجهة نظره لا يمكن أن تكون تلك الخاصة بأحد المتخصصين المعنيين، ولا الخاصة بسلطة أخلاقية مؤسسة أو بممثل لتقليد أخلاقى محدد؟ ما الذى ننتظره من الفلسفة فى المناقشات حول علم الأخلاق التطبيقى؟ أن تزود الحلول التى نصل إليها عمومًا بنوع من الخطابة الذى يسمح بإخفاء الطابع

العشوائى دائمًا بعض الشىء ولا يبعث على الرضا، وبعد كل حساب غير فلسفى كثيرًا؟ أو على النقيض، أن تعيد إدخال عنصر الشك وعدم الحسم الراديكاليين إلى هذا الحد أو ذاك فى المناقشة، اللذين يعينان اليوم الأسئلة الجوهرية للفلسفة الأخلاقية.

إذا ما كان أول شىء هو الحقيقى بالأحرى، فإنه غير مجد وخادع محاولة أن يجعلنا البعض نعتقد أننا نعتمد أساسًا على الفلسفة لمساعدة المجتمعات المعاصرة على التوجه داخل ما يمكن أن نسميه فى اللغة الكانطية متنوع الحدسيات، المفاهيم والنظريات الأخلاقية التى تميز الوضع الحالى. وإذا كان الثانى، فإن ما تجلبه الفلسفة عندئذ، عندما تقترح معارفها على المحترفين الذين عليهم حل إشكاليات علم الأخلاق التطبيقى، هو امتلاكها لكل الفرص فى أن تكون إشكالية بنفس القدر، ولا تصل كثيرًا إلى خلاصة، ورغم المظاهر، ليست بالضرورة أكثر قابلية للاستخدام على نحو ملموس مما تفعله عادة عندما تمكث فى مكانها.

المراجع:

1. Wittgenstein, *Conversations 1949-1951 with Bouwsma*, p. 35.
2. MacIntyre, *Three Rival Versions of Moral Inquiry*, 1988.
3. Kant (E.), « Vers la paix perpétuelle », « Que signifie : s'orienter dans la pensée ? », « Qu'est-ce que les Lumières ? », trad. Poirier (J.-F.) et Proust (F.), Paris, Flammarion, 1991, p. 43.
4. Stich (S.), *The Fragmentation of Reason*, 1990.

امتلاك الحى
من البيولوچيا إلى النقاش الاجتماعى[١٥]

بقلم: برنار شيفاسوس أو لوى
Bernard CHEVASSUS-AU-LOUIS

ترجمة: د. أنور مغيث

إرادة المطالبة بملكية شاملة للحى، تمتد إلى عدد غير محدد من الأفراد وإلى نسلهم لم تظهر إلا فى القرن العشرين، وترسخت بوجه خاص بعد ازدهار التكنولوجيا الحيوية. وظهرت هذه المطالبة بسبب اقتران الإمكانيات التقنية الجديدة ببرهانات اقتصادية أصبحت كوكبية.

سوف نفحص، فى جزء أول، النشأة العلمية والتقنية لهذا "التحكم فى التوالد"، مبينين أن الإجراءات التى تخضع للنقاش حاليًا هى حصيلة لبحث طويل عن فهم مسارات نقل الحياة والتحكم فيها. وفى الجزء الثانى، سوف نقدم الأوجه المختلفة للنقاش الاجتماعى الذى قام حول التطبيقات العينية لهذا التحكم.

المسيرة الطويلة نحو "التحكم فى التوالد"

خلافًا للموضوعات الجامدة، تتسم الكائنات الحية بسمتين يمكن أن تبدوا متعارضتين:

١) إنهم يتسمون بالإنتاج الذاتى، وبالتالى هم قادرون على توليد، دون تدخل إنسانى، أفراد جدد متشابهين.

---

(١٥)نص المحاضرة رقم ٢٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٢ يناير ٢٠٠٠.

٢) وفيما عدا بعض الاستثناءات لا يتوالدون بطريقة مطابقة، أو بعبارة أخرى لا يوجد فرد مطابق تمامًا لواحد من أبويه أو لكليهما أو لأحد أقاربه.

وحتى القرن العشرين كانت هاتان الخاصيتان تشكلان تحديًا أمام أى شخص يطمح فى امتلاك الحى، أى أن يتحكم فى نسله، أو أن يتوقع الخصائص ويستخرج منها مزايا. ولقد قدّمَ ما يزيد عن قرن من البحث المتواصل مفاتيح تسمح بتحقيق هذا الطموح، وسوف نشير بوجه خاص إلى ثلاثة من بينها:

١) تحديد قوانين الوراثة والاكتشاف المتنامى للجينات والتلاعب بها.
٢) فهم توليفات الخصائص والحصول على إعادة إنتاج لما هو مطابق.
٣) التحكم فى إعادة الإنتاج، من أجل إنتاج كائنات حية "غير قابلة لإعادة الإنتاج".

من أرسطو إلى نقل الجينات:
تاريخ مختصر للجين

دراسة التشابهات والاختلافات بين الآباء والأطفال هو بلا شك من أحد الأنشطة الإنسانية الأكثر قدما والأكثر انتشارًا. رغم ذلك فإن الإسهام الفعلى والمتوازن للجنسين فى الميراث الجينى لنسلهم كان موضع شك لوقت طويل. وسيرًا على خطى أرسطو كان البعض يرون فى الأم مجرد سند مغذى يقدم "المادة" فى حين أن الذكر وحده يقدم "الصورة" التى تحدد سمات نسله: "ويمكننا عن حق أن نضع الذكر والأنثى كمبدأ للتوالد، الذكر يمتلك المبدأ المحرك والمولد والأنثى المبدأ المادى. ويعتبر آخرون على العكس أن السائل المنوى ليس إلا "سائل حيوى" يحفز نمو البويضة، التى يتشكل فى داخلها الجنين سلفًا. والأكثر مدعاة للدهشة، إمكانية تأثير متواصل للذكر الأول على السمات اللاحقة لنسله من أنثى حتى وإن كان أولادها من ذكور آخرين (التشكل عن بُعد télégonie أو الوراثة بالانطباع) قد عدت لوقت طويل حقيقة ناشئة عن خبرة.

من جهة أخرى، فإن الوجود الممكن للتوالد التلقائى لعديد من الكائنات الحية (قوارض، بكتيريا، أسماك، حشرات) اعتبر حتى القرن الثامن عشر أمرًا متحققًا منه. هذه النظرية لم يتم رفضها نهائيًا بالنسبة للكائنات الحية المتناهية فى الصغر على يد باستور Pasteur عام ١٨٦٥. لقد كان سياقًا تتواجه فيه نظريات عديدة عن التوالد والذى بدا، فى نهاية القرن التاسع عشر، منعطفًا هائلاً، مع ظهور مقاربتين تستهدفان التحديد الكمى لقوانين وراثة السمات، الوراثة "بالخليط" لجالتون Galton، والوراثة "الخاصة" لمندل Mendel.

كان عالم الرياضيات سير فرانسيس جالتون يتساءل على كون أن نسل الآباء "ذوى السمات القصوى"، بالنسبة لسمة مثل الطول أو الوزن، لا يرثون سوى جزء من هذا الاختلاف ويقتربون بذلك من متوسط السكان. لوصف هذه الظاهرة اقترح فى عام ١٨٨٩ قانونه عن "التراجع العام" وأرسى بذلك قواعد حساب "معاملات التراجع" التى تسمح بالتوقع إحصائيًا بكفاءات نسل زوج معين (شكل ١). إذا كان مفهوم التراجع قد أدى بجالتون إلى بلورة نظريات وراثية شنيعة فقد سمح أيضا بأن يؤسس لتحسين سمات كثيرة لها أهمية فى الزراعة مثل الخصوبة والنمو والتى ما زالت محدداتها حتى اليوم لم تُفهم بالقدر الكافى.

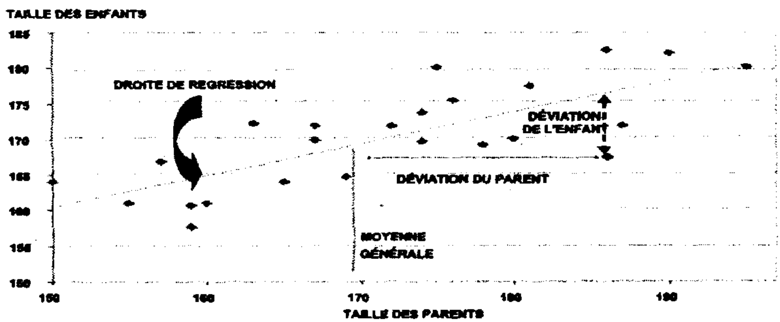


Figure 1

شكل (١)

الراهب المجرى النمساوى جورج مندل، والذى لم يكن معروفًا فى تلك

الفترة، أصر فيما بين ١٨٥٤ و١٨٦٨ على البحث، مستخدمًا الفاصوليا، عن قوانين "التهجين hybridation ". وهذا المصطلح العام يعبر عن مسألتين:

- ظهور واختفاء بعض السمات عبر الأجيال، التى توصف ولكن لا تفسر باستخدام مصطلح الارتداد الوراثى(١٦) atavisme.

- وقدرة بعض السمات على الاجتماع لدى فرد والاختفاء فى نسله. ويرى مندل فى مذكرة نشرها عام ١٨٦٦ أن نسل النبات، وحتى وإن لم يعبر عن سمات أحد الأبوين، فإنه يحتفظ بالسمات الآتية من الأبوين، ذكر وأنثى، بنسب بسيطة وقابلة للتحقق منها (على سبيل المثال ٤/٣ - ٤/١ بالنسبة لسمة معينة) بالنسبة لمختلف الأفراد فى النسل. هذه الرؤية للميراث الجينى بوصفه فسيفساء من السمات المستقلة أو "وحدات وراثية" التى يتم حفظها ونقلها بطريقة ثابتة ومستقلة فتحت الطريق أمام البحث عن السند المادى للوراثة، حتى وإن كان يجب انتظار أعمال مدرسة العالم الأمريكى مورجان Morgan عام ١٩١٠ لكى تعزو إلى الكروموزومات دور السند لهذه الوحدات الوراثية، أى الجينات، ثم سنوات ١٩٤٠ (أعمال إيفروسى Ephrussi وآفرى Avery) لتحديد الحامض النووى بوصفه الجزئ الحامل للمعلومات الجينية.

أتى بعد ذلك الازدهار الهائل للبيولوجيا الجزيئية، فبعد أن تم تحديد الطبيعة الكيميائية للجينات وقوانين انتقالها بدا من الممكن عزل أحد الجينات وإدخاله فى فرد من نفس النوع أو من نوع آخر، على أساس عمومية نظام الشفرة، وقراءة المعلومات الجينية. إنه المجال الهائل لنقل الجينات الذى افتتحه شانج Chang وكوهين Cohen عام ١٩٧٣ على البكتريا والآن أصبح ممكنًا لدى تقريبًا مجمل الأنواع الحية.

تحول إذن الجين خلال قرن من الزمان من مفهوم صورى محض إلى موضوع مستقل حقيقى يمكن أن نحفظه ونضاعف منه ونعدله بل ويمكن إدخاله فى

---

(١٦) عودة إلى صفات الأسلاف التى ابتعدت عنها الأنسال السابقة.

تركيبات بشكل مستقل عن الجهاز العضوى المأخوذ منه: المفتاح الأول لامتلاك الحى، التحكم فى "جزيئاته الأساسية" أصبح من الآن فصاعدًا مهيئًا.

إعادة التوليف:
أسطورة سيزيف للتحسين

إذا كانت أعمال مندل قد فتحت الباب أمام التعرف على الجينات والتلاعب بها، فإنها تشدد أيضا على السمة اللازمة لإعادة التوليف. إذا كانت هناك سمتان يحكم كلاً منهما جين مختلف ويحوز كل منهما عددًا من المتغيرات أو الجينات متضادة الصفات[١٧] allèles، إعادة التوليف هذه ستسمح للمنتخب أن يبتكر أنماطًا جديدة بتجميع الجينات متضادة الصفات المرغوبة فى السمتين. وإذا كانت سمة معينة يحكمها عدد كبير من الجينات التى تقدم كل واحدة منها جينات متضادة الصفات كثيرة، فكل زوج من المنتجين سوف يحمل إمكانية توليد عدد لانهائى من الأفراد المختلفين فيما بينهم. إن نسل شخص يتميز بسمة ذات كفاءة عالية سوف يخضع إحصائيًّا لقانون التراجع لجالتون وسوف يكون مغايرًا، مجبرًا المنتخب على إعادة عمله من جيل إلى جيل (تعديلات فى السمة بمعدل من ٣ إلى ٥ تعد تعديلات على درجة كبيرة من الأهمية) - إمكانية الحصول على إعادة الإنتاج طبق الأصل (أى إعادة إنتاج الميراث الجينى بالضبط) لفرد استثنائى هى إذن منذ وقت طويل أعز أمنية على المنتخبين.

فى أصل هذا التنوع يوجد انشطار مشيجى méiose (انشطار خاص يؤدى إلى وجود الخلايا الجنسية) يسيطر على إعادة إنتاج مجمل الأنواع الحية تقريبًا ولا يؤدى إلى إعادة إنتاج مطابقة إلا فى حالات خاصة مثل التخصيب الذاتى للنباتات المسماة "ذاتية السلاسل autogammes"، مثل القمح والفاصوليا والبطاطس. هذا النمط من إعادة الإنتاج عندما يكون صارمًا عبر الزمن يؤدى بالفعل إلى أفراد

---

(١٧)زوج جينات متضادة الصفات يشغلان موقعين متناظرين على كروموزومين متماثلين.

"متماثلين homozygotes" لم يعودوا يمثلون تنوعًا فى الجينات متضادة الصفات. وسوف يعطون نسلاً مكونًا من أفراد متطابقين جينيًا فيما بينهم (نسخة clone) ومع أبيهم. يتم الحديث إذن عن "السلسلة النقية"، وتحت هذا الشكل ينتشر أغلب التنوعات الحالية لنوع مثل القمح.

النباتات الأخرى المسماة غيرية السلاسل allogammes (مثل الذرة والكولزا) تعيد إنتاج نفسها بين أفراد مختلفين. ولكن يمكن لنا أن نعيد إنتاجها بواسطة التخصيب الذاتى المتكرر. ويقترن انخفاض الشركة فى الدم بالزيادة المتنامية للتماثل ويشكل عقبة كبرى فى استخدام هذا المنهج. إن تلاقح السلاسل النقية يعطى بعد ذلك سلاسل "هجينة" متجانسة مكونة من أفراد متطابقين، أحيانًا أكثر كفاءة من الجيل الأول: إنه تأثير التغاير hétérosis الذى ظهر بصورة ملفتة فى نبات الذرة، والذى يتطور تطبيقه الآن لدى أنواع مختلفة من النباتات ذات الزراعات الكبيرة (الأرز، كولزا)، أو لدى الخضروات (كرنب، طماطم).

لدى الحيوانات، ظواهر إعادة الإنتاج المطابقة للتخصيب الذاتى التلقائى أو التناسل البكرى parthénogenèse (تطوير البويضة دون إسهام جينى من سائل منوى) معروفة لدى اللافقاريات وبعض الفقاريات الدنيا، لكنها لا تتعلق بأى نوع من الأنواع التى يربيها الإنسان.

يبدو إذن أن استخدام "الشراكة فى الدم" من أجل خلق نسخ عملية طويلة ومحدودة ببعض الأنواع. ولهذا فقد اهتم الإنسان مبكرًا بمناهج الاستنساخ المباشر التى لا تتضمن انشطار مشيجى وتسمح بالحصول على أفراد متطابقين (نسخ) فى عملية واحدة.

ولدى النباتات، علاوة على المناهج القديمة فى الافتسال bouturage من الممكن تحفيز توالد الشتلة انطلاقًا من زراعات الأنسجة والحصول على تضاعف سريع ومطابق لنوعية جديدة مهمة من النبات (الورد، الأوركيديا، النخيل، أشجار

مثمرة، أشجار غابة). هذا المنهج فى الاستنساخ يسمى "أفقيًا" لأن الأفراد النـاتجين هم من نفس جيل (بالمعنى الخاص بإعادة الإنتاج الجنسية) الأفراد المانحين للنسيج.

لدى الحيوانات لم يكن مثل هذا الاستنساخ الأفقى معروفًا إلا فـى الأشـكال البسيطة من اللافقاريات ومن بينها هيدرا الماء العذب. ولهذا السبب فـإن مـيلاد النعجة دولى فى اسكتلندا فى يوليه ١٩٩٦، والذى توصل إليه فريق إيان ويلمـوت Ian Wilmut انطلاقًا من نقل بويضة مستخرجة من خلية ناتجة عن زراعة لنسيج من الغدة الثديية كان له هذا الصدى الإعلامى الكبيـر. يتعلـق الأمـر باستنـساخ "رأسى" لأن الأفراد الناتجين يمكن اعتبارهم أبناء لأمهم. مثل هذا الاستنـساخ تـم الحصول عليه لدى البرمائيات منذ عام ١٩٥٢، ثم لدى الثدييات المختلفة (خروف، بقرة، ماعز، أرنب) فى سنوات ١٩٨٠، ولكن باستخدام نوايا خلايا الجنين فى بداية نموه، منظورًا إليها بوصفها قادرة على توليد فرد مكتمل. استخدام الخلايـا الآتيـة من أنسجة متفاوتة، متاحة بعدد كبير، يفتح الباب لإعادة الإنتاج المطابقـة لأفـراد بالغين، نكون قد فحصنا سلفًا خصائصهم.

المفتاح الثانى للتحكم فى التوالد، إمكانية إعادة الإنتاج، بالمعنى الدقيق، لفرد كفؤ، تبدو إذن من الآن فصاعدًا متاحة بالنسبة لمجمل الكائنات الحية.

منع إعادة الإنتاج: كارثة أم غاية؟

أدت ملاحظة الكائنات الحية غير القادرة على توليد نسل إلـى الممارسـات القديمة فى إخصاء العديد من الأنواع الحيوانية المستأنسة (خنازير، بقـر، خيـل، دواجن) من أجل تحسين نوعية المذاق أو الانقياد.

يوجد طريق آخر تم استغلاله بصورة واسعة هو التهجين بين الأنواع يمكنه السماح أحيانًا بالحصول على نسل قادر على الحيـاة وعقـيم. والمحـصلة تبقـى معروفة بالنسبة للحيوانات المستأنسة: البغل، البط الهجين وبعض طيور الزينة هى

النماذج الرئيسية. فى المقابل فى المملكة النباتية مثل التهجين ومازال أحد الأدوات الرئيسية للإنتاج المتنوع (أشجار الورد والعَصَل، وحبوب مثل الأرز، موالح، قهوة). ومع ذلك فالعقم ليس معممًا ولا يشكل الهدف الرئيسى للقائمين بالتحسين، الذين يسعون بالأحرى إلى التوليف بين الصفات. فى المقابل، فى حالات المهجنات ذات الخصوبة، يبدو نسلهم متنوعًا لأقصى حد، وبالتالى لا ينتجون سمات الأبوين: إنهم إذن عمليًا غير قابلين لإعادة الإنتاج.

هذه الظاهرة التى تتجلى أيضا فى تلاقحات بين السلاسل النقية داخل نفس النوع (حالة الذرة)، تجبر المزارع على شراء بذور جديدة كل عام. مثل هذه التبعية لا تكون مقبولة إلا إذا كان التحسين متجليًا فى المحصول أو فى التجانس، وهو ما يفسر بلاشك أن الذرة قد ظل لزمن طويل، رغم محاولات كثيرة فى أنواع أخرى نباتية وحيوانية، نموذجًا معزولاً نسبيًا للنجاح الذى لا جدال فيه، فى هذا المجال.

وهناك تطور حديث، مضاعفة عدد الكروموزومات أو التضاعف ployploïdisation يستخدم مواد تمنع الانقسام الخلوى (مثل السورنجان Colchicine)، وتسمح فى الغالب بمضاعفة عدد الكروموزومات. ننتقل من حالة تقليدية يوجد فيها نسختين من كل الكروموزومات إلى حالة الازدواج diploïde التقليدى حيث توجد الكروموزومات فى نسختين بل وحتى رباعية وسداسية وثمانية إذا تكررت العملية. هذا التعديل يعبر عن نفسه فى زيادة قوة نباتات الزينة وحجم الأعضاء، وبالتالى وجد تطبيقات عديدة لدى نباتات الزينة وكذلك لدى نباتات التغذية (حبوب، طماطم، باذنجان). هذه النباتات رباعية تسمح بواسطة التلاقح مع نباتات ثنائية بإنتاج أفراد ثلاثية، يمتلكون ثلاثة نماذج من كل كروموزوم: مثل هذا الوضع يدخل اضطرابًا قويًا على تكوين الخلايا الجنسية ويؤدى بالتالى إلى تخفيض كبير للخصوبة، فالحبوب قليلة العدد وتكون فى الغالب مُجهِضة (غياب البذور فى الموز أو بعض أنواع البطيخ).

حدثت تجارب عديدة لدى الحيوانات منذ سنوات ١٩٣٠، ولكن بدا أن اللافقاريات والفقاريات الدنيا (أسماك والضفادع) يمكن أن تعطى أفرادًا متضاعفين

polyploïdes قابلين للحياة. فهكذا لدى أسماك الترويت ولدى المحار يـؤدى منـع النضج الجنسى الراجع إلى ثلاثيـة الازدواج triploïdie إلـى تفـادى إضـعاف الحيوانات وتفادى تراجع نوعية المذاق خلال فترة إعادة الإنتاج.

سمح تقدم البيولوجيا الجزيئية بتصور تطوير مناهج ذات قيمة أكثر عمومية، يكون التعبير عن الخصوبة فيها مرتبطًا بصورة وثيقة بمعالجة الجزيئات الخارجية الخاصة، التى تُنشّط أو تمنع تعبير بعض الجينات. المثـال الأكثـر شـهرة هـو التكنولوجيا التى يسميها معارضوها "المميت terminator"؛ والتى تم إتقانهـا فـى الولايات المتحدة الأمريكية فى إطار تعاون بين أحـد شـركات البـذور ووزارة الزراعة USDA. تكون النباتات فى غياب أى معالجة، فى العـادة ذات خـصوبة والبناء الجينى الداخلى يتسم بالصمت. إن معالجة البذور بواسطة المضاد الحيـوى يطلق إعادة تنظيم للبناء، يسمح من الآن فصاعدًا بالتعبير عن جين يفرز مادة تمنع تكوين الجنين. ستنتج البذور إذن نباتات تنتج حبوبًا عادية، ولكن هذه الحبـوب لا تحتوى على جنين وبالتالى فهى عقيمة. حتى وإن يعد استخدام تكنولوجيا "المميـت" اليوم متصورًا، فإن هناك اختيارات أخرى ممكنة حاليًا ويتم تطويرها بـلا شـك. فلنحتفظ إذن بالمعلومة الجوهرية: المفتاح التقنى الثالث لامتلاك الحى، الذى يسمح بالتحكم حسب الرغبة فى إنتاج النسل هو من الآن فصاعدًا متاح بـالقوة بالنـسبة لعديد من الأنواع الحيوانية والنباتية.

تطور السجال الاجتماعى
مصير نتحمله أم فرصة نقتنصها؟

إذا كان إنجاز أدوات تسمح بالتحكم فى التوالد قد امتد علـى فتـرة زمنيـة طويلة فإن التساؤل عن شرعية استخدامها لم يظهر إلا مؤخرًا ويبدو أنه قد تـشكل حول مسألتين مركزيتين كانتا مجرد مشاكل تأملية منذ حوالى ٥٠ عامًا أصـبحت اليوم شيئًا فشيئًا مشاكل ملموسة:

- لمن ينتمى الحى؟ هل يتعلق الأمر بتراث مشترك وغير قابل لنقل الملكية للإنسانية كلها، أو يمكن لنا أن نترك الأفراد يطالبون بالملكية الخاصة لهذا الجزء من الميراث؟

- إلى أى مدى يمكن تعديل الحى؟ أى حدود ينبغى وضعها لخلق الكائنات الحية "المستحيلة" أى تلك التى تمتلك خصائص لم يكن أمام التطور الطبيعى أى حظ فى أن يزودها بها؟

ملكية الحى:

حق فى تطور متسارع

حتى بداية سنوات ١٩٩٠ كان هناك، فيما يبدو، تميز واضح، سواء على مستوى النظرية أو على مستوى الممارسة بين الموارد الجينية "الطبيعية" والأجناس والتنويعات النابعة من أنشطة المنتخبين.

تتضمن الموارد الجينية "الطبيعية" الأنواع الموجودة فى الحالة "الطبيعية" والتنوعات التقليدية المستخدمة بواسطة المزارعين والناتجة عن أجيال عديدة من الانتخاب الجماعى الملموس. خضعت هذه الموارد فى القرن العشرين لعمليات مهمة لجمعها وحفظها. فى عام ١٩٨٣ انتهى "الالتزام العالمى من أجل الموارد النباتية الخاصة بالزراعة والغذاء" تحت رعاية المنظمة الدولية للأغذية والزراعة التابعة لمنظمة الأمم المتحدة، إلى تأكيد المبدأ الذى بمقتضاه تمثل الموارد النباتية "تراثًا مشتركًا للإنسانية".

انطلاقًا من هذه الموارد، قام عدد من الممارسين العموميين أو الخاصين من خلال الانتخاب بتطوير تنويعات "حديثة" بدا من المشروع حماية نشرها. الهدف من هذه الحماية هو تشجيع الابتكار عن طريق ضمان مقابل مادى عادى للحائز على التنويعة على جهوده التى بذلها وذلك عن طريق احتكار بيع التنويعة الجديدة، وتشجيع التحول بالسماح للحاصلين الآخرين أن ينطلقوا من هذه التنويعات الحديثة

وليس من الموارد الجينية الأساسية، من أجل خلق تنويعة جديدة. هذه التنويعة الجديدة يمكنها بدورها أن تحصل على ماركة مسجلة وحماية، فى حالة تميزها بسمة أو عدة سمات عن التنويعات الموجودة. هذه القواعد التى تحكم شهادة الحيازة النباتية تم صياغتها عام ١٩٦١ أثناء اتفاق باريس الذى كان يجمع أربعين بلدًا. إذا كان الحائز يحتفظ باحتكار التوزيع التجارى لتنويعته، فللمزارع الذى اشترى بذورًا أن يعيد، بلا قيود، بذر منتجات محصوله، وبالتالى يضاعف من التنوع لاستخدامه الخاص.

بالنسبة للحيوانات، مازالت القواعد أقل صرامة. ففى فرنسا، قانون تربية الحيوانات الصادر عام ١٩٦٦ فرض فقط، بالنسبة للأنواع الكبرى وبالنسبة لممارسة التلقيح الصناعى، استخدام عناصر إعادة إنتاج تعترف بها وحدة ترقية السلالة UPRA وهى منظمة جمعية تدير التحسين الجينى لعرق معين. هذه المنظمات لا تمتلك حق الاحتكار على السلالة: بيع الذكور من أجل التخصيب الطبيعى، أو الإناث يظل ممكنًا بالنسبة لأى مربٍ.

وقد مثل عقد سنوات ١٩٩٠ منعطفًا فى هذه الرؤية المنفتحة جدا. جاء الانقلاب الأول فى عام ١٩٨٠: المحكمة العليا فى الولايات المتحدة أكدت حينئذ أن مجرد كون أن مادة ما حية لا يجدر أن يستبعد إصدار البراءة. وقد أكد هذا التعامل الجديد مع الحى عديد من براءات الاختراع تتعلق بكائنات عضوية صغيرة، نباتات عابرة الأنواع، محار ثلاثى فى ١٩٨٧ ثم فى عام ١٩٨٨ فأر معامل عابر للأنواع؛ من الآن فصاعدًا، يُعدّ الحى، وإن بصورة جزئية، "اختراعًا" إنسانيًّا حقيقيًّا.

وفى نفس الاتجاه، تبنى الاتحاد الأوروبى فى عام ١٩٩٨ توجيهًا خاصًّا بإصدار البراءات للاختراعات البيوتكنولوجية. تظل التنويعات النباتية والسلالات الحيوانية الناتجة عن المناهج التقليدية مستبعدة من مجال التطبيق. ويظل مسموحًا للمزارعين أن يعيدوا بذر البذور العابرة للأنواع لاستخدامهم الخاص. ولكننا نتخيل

فى المستقبل مدى تعقد الوضع القانونى لنبات يجمع بين جينات مختلفة تحمل كل منها براءة اختراع جاءت عن طريق توليد عبر نوعى وخصائص محسنة عن طريق الانتخاب ويحميها نظام الحيازات النباتية.

وأخيرًا اعترفت اتفاقية ريو عن التنوع الحيوى عام ١٩٩٢ والتى وقعتها حينئذ مائة وأربع وستون دولة، بسيادة الدول على الموارد الحية فى أراضيها، وتلزم اتفاقية مراكش عام ١٩٩٤ المائة والاثنين وثلاثين دولة الأعضاء فى منظمة التجارة العالمية بحماية الملكية الفكرية على أراضيها.

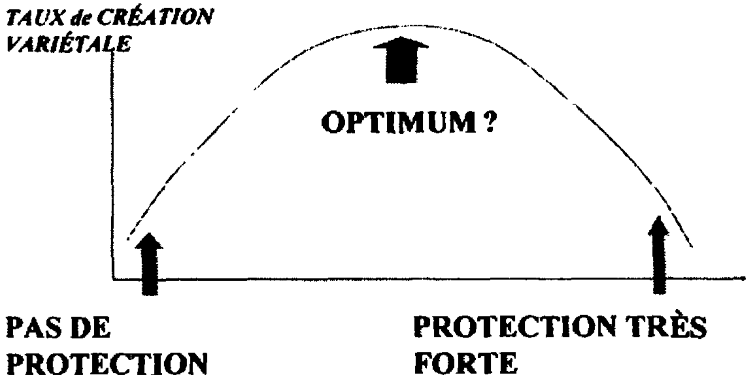
على مدى خمسين عامًا انتقل وضع المادة الحية من مفهوم الموضوع الطبيعى الذى يمكن لنا بالتأكيد أن نكتشفه ولكن لا يمكن أن نمتلك عناصره، إلى وضع الاختراع الناتج عن الصناعة الإنسانية، الذى يمكن حمايته هو أيضا مثل كل ابتكار إنسانى أصيل. يعكس هذا التغير تطورًا فى مفهومنا لدور كل من الطبيعة والبشر، وكذلك الدور الخاص للبشر على اختلافهم الذين ساهموا، عبر الزمن، فى صياغة الكائنات الحية اليوم.

رؤية اقتصادية: كيف يمكن تشجيع الابتكار على أفضل وجه؟

يمكن تقديم تحليل أولى لهذا التطور فى القانون من زاوية الاقتصاد العام. ويمكن للرهان أن يصاغ كالآتى: أى مردود مادى وأى حماية يمكن أن نُقرَّ بها للفاعلين (مُزارِع، مُنتخِب، مُكاثِر) لكى نشجعهم على متابعة ابتكار ونشر تنويعات متكيفة مع زراعة فى تطور؟ يظل الخلق المستمر رهانًا مهمًّا، لأن على التنويعات أن تتكيف باستمرار لمواجهة تطور الآفات المدمرة والظروف البيئية.

من السهل نسبيًا فحص الاختيارين المتطرفين والانتهاء إلى الحكم بأنهما لا يمثلان الوضع الأفضل: غياب الحماية سيقلل من الدافعية ويمكن أن يؤدى إلى أن يقلل بشدة من انتشار الاختراع، الذى لن يستخدم إلا فى إطار نظم مغلقة. وفى المقابل فإن نظم حماية مفرطة، فى المدة والصيغ، سوف تخلق أرباحًا من هذا

الوضع، وسوف تكبح تطبيق التكنولوجيا على مواقف أخـــرى ويمكـــن أن تمنـــع اندراج فاعلين جدد. من اللائق إذن تحديد حـــل وســـط بـــين هـــذين الوضـــعين المتطرفين، يمكن أن يتنوع من بلد إلى أخرى وعليه أن يتوافق مع تطور الزراعة، وهنا يكمن خطر الحلول العامة والكلية التى تطرحها البلاد المتقدمة. (شكل ٢)



شكل (٢)

وفى صلة بهذا الموضوع هناك مسألتان تطرحان نفسيهما حاليًا حول الدور الذى ينبغى أن تلعبه الدولة فى تنظيم الإنتاج الغذائى:

– فى عديد من البلاد المتقدمة أو النامية تلعب الدولة منـــذ ٥٠ عامًـــا دورًا رئيسيًّا فى التحسين الجينى الحيوانى والنباتى، سواء بوصـــفها منظمًـــا أو فـــاعلاً مباشرًا. ومنذ حوالى عشرين عامًا، أدى الظهور المتنامى للفاعلين الخاصـــين ذوى الكفاءة، ولاسيما بالنسبة لنباتات الزراعات الكبرى إلى تخل متعاظم ومتعمد للبحث العام. إلى أى مدى يصل هذا التخلى؟ هل ينبغى على الدولـــة أن تحـــتفظ بمجـــال خاص بها؟

– فى المجال الغذائى الزراعى، كل فاعل يسعى من جانبه إلى زيادة فائض القيمة. وهو نفس طموح القائمين بالتزويد فى المنبع والقائمين بالتوزيع فى المصب

مرورًا بالمزارعين وصناعات التحويل، وكل تجديد من شأنه أن يغير هذه القسمة. وما أن تسمح هذه التحويلات بتركيز النشاط بين عدد صغير جدا من الأطراف، يمكن لنا أن نقلق من أوضاع التبعية التى تنتج عن ذلك بالنسبة للمزارعين وللأمن الغذائى فى البلد بأسرها. فهل ينبغى للدولة أن تتدخل لتنظم هذه التطورات وكيف؟

إن تحديد وتطبيق قواعد تسمح بامتلاك الحى، يعنى ضمنيًا إذن القيام باختيار بشأن التنظيم الاقتصادى والاجتماعى المستقبلى: وينتقل الجدل من جدل تقنى إلى جدل سياسى، كما بينت ذلك بوضوح المناقشات الأخيرة التى دارت حول مؤتمر سياتل.

الجدل الأخلاقى: بعض القواعد من أجل أخلاق بيولوجية لما هو "غير إنسانى":

يوجد تناول آخر لموضوع الامتلاك حيث إن مسألة الرهانات الأخلاقية مطروحة بصورة متزايدة. هذه المسألة الخاصة بأخلاق العلاقات بين الإنسان والطبيعة، ولاسيما إذا كانت مرتبطة بالقدرات الجديدة فى التدخل التى سمح بها العلم، تطرح عدة مسائل غير مسبوقة:

- لا الكتاب المقدس ولا القرآن يضعا حدودًا بينة لسيطرة الإنسان على الطبيعة، اللهم إلا الاهتمام الذى يجب أن يوجه للأنواع المفيدة للإنسان، وهو اهتمام ذو بعد نفعى واضح. حتى العهد الجديد لا يعبر عن أى رأفة بشجرة التين التى لا تحمل ثمارًا (إنجيل متى، ١٩، ٢١).

- التعاملات الممكنة مع الأنواع الحية هى نفسها غير مسبوقة وبُعدها الأخلاقى لا يدرك بسهولة. إذا لمح كل فرد بسهولة البعد الأخلاقى لتشريح الحيوانات، فإن التكوين عبر النوعى بين أنواع متباعدة أو إجراء زراعات أعضاء غريبة تبدو أولاً وكأنها أفعال تقنية محضة، لا بعد أخلاقى لها مثلها مثل تكوين محرك سيارة.

يؤدى هذا الموقف فى الغياب الكامل للمرجعيات إلى تنوع كبير فى المسالك الفردية، بداية من أولئك الذين لا يتعرفون على أى بعد أخلاقى فى الإمكانيات التقنية للبيولوجيا الحديثة - المهم أن تكون هذه التقنيات فعالة ومضمونة - إلى أولئك الذين يعتبرون أن انتهاكات كبيرة، تؤثر حتى فى جوهر الإنسان نفسه هى بسبيلها إلى الحدوث دون أن يكون فى مقدرة أحد الاعتراض. علاوة على ذلك فإن خلف هذه المسالك المختلفة تتجلى ضمنيًا بلا شك تمثيلات مختلفة للطبيعة.

من أجل وضع قواعد لهذه الأخلاق الجديدة، طُرِحت مقاربات عديدة:

- التناول التقليدى والإنسانى يحتفظ بالصيرورة الإنسانية بوصفها غاية قصوى ويؤسس صلة بين التأثيرات على الطبيعة والنتائج التى يمكن أن تحدث على المدى القصير أو الطويل، من أجل مستقبل الإنسان نفسه. وهذا هو على وجه خاص تناول الفيلسوف الألمانى هانز يوناس Hans Jonas فى كتابه الصادر عام ١٩٧٩ "مبدأ المسئولية"، وهو مبدأ يعبر عن نفسه بهذه الصيغة: "تصرف بحيث يكون فعلك متوافقًا مع دوام حياة إنسانية أصيلة على الأرض، بصورة لا تجعل نتائج فعلك مدمرة للإمكانية المستقبلية لمثل هذه الحياة".

- فكرة أن الطبيعة تمتلك حقوقًا خاصة على الإنسان احترامها، حتى على حساب مستقبله الخاص، هى فكرة يبرزها التيار الأنجلو - ساكسونى فى نزعة مناصرة البيئة المتشددة écologie profonde الذى يؤكد أنه ليس للإنسان حقوق أكثر من غيره من الأنواع الحية، وينبغى عليه أن يندمج فى أداء كوكب الأرض دون أن يسئ إليه. الأرض نفسها تشبه "كائنٍ حى أسمى": إنها فرضية جايا Gaïa التى بلورها منذ حوالى عشرين عامًا الإنجليزى جيمس لوفلوك James Lovelock. وبصورة محدود أكثر، فإن بصدد حقوق لبعض الأنواع، وخصوصًا الأنواع الحيوانية المستأنسة المرتبطة من الآن فصاعدًا بوحدة مصير مع الإنسان، يدافع عنها بعض الفلاسفة مثل إليزابيث دو فونتانى Elisabeth de Fontenay.

إذا كان من حق العلماء فرض آرائهم فى تحديد هذه الأخلاق الجديدة للحى، فإن مسئوليتهم فى المقابل هى أن يساهموا فى توضيح مسألتين:

- إلقاء الضوء على البعد الأخلاقى الكامن خلف أى اختـراع تكنولـوجى حيوى والذى، كما رأينا، ليس قابلاً لأن يلاحظ بشكل مباشر بل إنه محتجب خلـف البعد التقنى الخالص للتناول. هذه السمة الاختزالية للمسيرة العلمية قد حللها بـشكل جيد جان لادريير Jean Ladrière.

- المساعدة فى تحديد ما هى "الطبيعة" حقًّا، من زاوية الحساسية للتـدخلات البشرية أو الإشارة فى بعض الحالات إلى دور العلم، عنـدما يبـدو مـستحيلاً أن نتوقع فعلاً نتائج ظاهرة معينة.

خلاصة:

إن تقدم البيولوجيا وما قامت به من تطوير للقدرة على امتلاك الحى قد أديا إلى وضع هذه الضروب من التقدم، ولاسيما هذه التطبيقات، تحت النظرة المنتبهـة والنقدية أحيانًا للمجتمع. وسوف يندم البعض على الزمن الذى كانت فيه البيولوجيا تتطور بعيدًا عن هذه النظرة. وسيندمون بصورة أشد على الزمن الذى كانت فيـه نجاحات البيولوجيا لا تثير إلا الإعجاب. من جانبى، يسعدنى هذا الاهتمـام الـذى يؤكد على أن مغامرة البحث ليست سعيًا فرديًّا ولكن اشتراك فى بناء مجتمع الغـد، بناء لن يتم إلا بحوار مع أولئك الذين يقدرون أن لهم كلمة فى كل ما سوف يكون، أى جميع المواطنين.

وكما قال جان روستان Jean Roustand: "لقد أصبح الإنسان مفرط القـوة لدرجة لا يسمح لنفسه فيها أن يلعب بالشر. إن فرط قوته يحكم عليه بالفضيلة".

المراجع:

1. ARISTOTE, *De la génération des animaux*, cité dans André Pichot, *Histoire de la notion de vie*, Gallimard, 1993, p. 106-116.
2. BLANC (M.), *La Recherche*, n° 151, 1984, p. 46-59.
3. SERRE (J.-L.), *La Recherche*, n° 155, 1984, p. 1072-1081.
4. JONAS (H.), *Le Principe responsabilité*, Paris, Le Cerf, 1990.
5. BOURG (D.), *La Recherche*, n° 256, 1993, p. 886-890.
6. BARBAULT (R.), *Des baleines, des bactéries et des hommes*, Paris, Odile Jacob, 1994, p. 209-211.
7. DE FONTENAY (E.), *Le Silence des bêtes*, Paris, Fayard, 1998.
8. LADRIÈRE (J.), *L'Éthique dans l'univers de la rationalité*, Québec, ARTEL-FIDES, 1997, chap. 3 et 12.
9. ROSTAND (J.), *Inquiétudes d'un biologiste*, Paris, Stock, 1967, p. 63.

الباب الرابع

مظاهر التطور البشرى

الجنين هذا المجهول(١)

بقلم: رينيه فريدمان

René FRYMAN

ترجمة: لبنى الريدى

إن الإنسان هو مقياس كل الأشياء،
بالنسبة لتلك التى هى مقياس لوجودها،
وبالنسبة لتلك التى هى ليست قط مقياسًا لعدم وجودها.
بروتوغوراس Protogoras، فى أفلاطون Platon، Le Théétète

على امتداد المناقشات طرحت القضية التالية كثيرًا: «إنك توصى بالحوار بين الأديان والطب، لكن مواقفك لا يمكن التوفيق بينها. بالنسبة للأديان، الجنين هو "كل شىء تقريبًا" وهو بالنسبة لك "لا شىء تقريبًا"». إنى أوافق جزئيا على هذا التأكيد، ما عدا أن هذا التقسيم الثنائى حاد بعض الشىء: إن الجنين بالنسبة لى يتأرجح بين لا شىء تقريبًا وكل شىء تقريبًا... وكما سوف أفسر ذلك فيما بعد، إنه ليس كل شىء وليس لا شىء، بل هو يظل فى وضع "بين بين"، على حد تعبير دانييل سيبونى (Daniel Sibony). إن المشروع الذى يحمله، والنظرة التى يحملها له والدا المستقبل، يقربانه من ناحية أو أخرى من هذا الـ"بين بين". على النقيض، ترى الأديان فى تحليل جنين، أو فى الإجهاض الطبى للحمل، فعلا مدانًا أخلاقيا، وذلك فضلا عن الأهمية التى توليها الأديان لمفهوم حياة شبه مقدس (على الأقل مطهر). إنها لا تستطيع أن تقبل بأى حركة تدمير إلا باسم مبدأ الضرر الأقل. من وجهة نظرى، الجنين هو "لا شىء تقريبًا" قابل إن يصبح "كل شىء تقريبًا"، لأنه

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٣ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٣ يناير ٢٠٠٠.

منتظر ومرجو، لكنه فى نظر الأديان "كل شيء تقريبًا" ولا يمكن التضحية به إلا باسم مبدأ علوى. هنا يكمن الاختلاف بين التناول الدينى، الذى يفترض مسبقًا وجود رب ومن ثم روح، والذى يرى فى الحياة "هبة" من الخالق، وبين التناول الإنسانى الذى يعرف "الشخص" بالنسبة للبشر الآخرين، وليس بالنسبة إلى الرب. فى ظل هذا التصور للإنسان، تكون عملية الأنسنة فعلا دائمًا، لا يستكمل أبدًا، وفى حالة صيرورة دائمة. تبدأ برغبة الأم فى ابنها. ويكون عندئذ مجرد وعد. لكنه يزدهر مع مرور الوقت.

إن التقاليد الدينية ليس لها كلها بالطبع النظرة نفسها للجنين. ومن ثم لا يدعو للدهشة أن تكون البروتستانتية الأوروبية ذات النزعة الكلفينية أحد المصادر الأساسية للعلمانية... وفى الوقت نفسه، هى إحدى الفلسفات الأكثر انفتاحًا للحوار مع الفلسفات الإنسانية الملحدة. إن وثائق الاتحاد البروتستانتى الفرنسى تعبر عن هذه الرغبة فى عدم إضفاء القداسة على الجنين، وإنما الاهتمام قبل كل شيء بازدهار المرأة وصحتها. كما تؤكد هذه الوثائق على حقوق الطفل الذى لم يولد بعد والطفل الذى ولد، أكثر من تأكيدها على شروط الفعل الإنجابى، أو الوضع القانونى لبعض الخلايا الناشئة عن انقسام البيضة الملقحة. إن النتائج التى توصل إليها علماء اللاهوت الإصلاحيون تلتقى جزئيا مع ما توصلت إليه: إننا بإعطاء "وجود" مبالغ فيه و"شخصية" مبالغ فيها للجنين، نحط من مفهوم الشخص الإنسانى ونجرده من أهليته. لكن هذا الرفض لتقديس الجنين لا يسمح بكل الممارسات.

إن اليهودية، مثلها مثل البروتستانتية، تركز تفكيرها على الإنسان الحقيقى وليس على الكائن الافتراضى الذى يمثله الجنين. لذلك، بلا شك، ينظر الحاخامات بنوع من الانفتاح لممارستنا الخاصة بالإنجاب المستفيد بمساعدة طبية. من ناحية أخرى، اليهودية هى الوحيدة التى تعتبر أن التشخيص السابق لعملية زرع البويضة الخصبة فى الرحم، أفضل من التشخيص قبل الولادة. وهى الوحيدة التى تتفق فى هذه النقطة، مع معتقداتى الحميمة حول الموضوع. وهناك خاصية أخرى للعقيدة اليهودية: أخذ المرأة كمرجع أساسى فى كل قرار، وألا نتوه قط فى مناقشات لا

تنتهى عن الوضع المحتمل للجنين. إذا كان الجنين بالنسبة لها مرادفًا للشقاء المعنوى أو لمخاطرة جسدية كبرى، فإن اليهودية تعتبر أن كل شىء يجب أن يتم لـ"إنقاذ" المرأة. لأن المرأة تعتبر "روحًا" (nefesh) ومن ثم شخصًا كاملا، بينما الطفل فى الرحم لا يصبح كذلك بالكامل إلا عند خروج رأسه. تفصيلة: إن اليهودية ممارسة، "ممارسة قويمة"، أكثر منها مجموعة مدونة من المعتقدات. إن الأحكام التى ينطق بها الحاخامات، حتى وإن كانت تتباين غالبًا مع أحكامى، تعتمد قبل كل شىء على تحليل كل حالة، وليس على أصول العقيدة. بالنسبة لى كطبيب معالج، يتعامل مع مرضى وليس كائنات لا مادية، أشعر براحة فى ظل منطق يأخذ فى الاعتبار السمات الخاصة بكل شخص، أكثر منها فى ظل الإطار المتصلب للنواهى الكاثوليكية.

أخيرًا، لا أنفى أن المرء يظل دائمًا مطبوعًا بالأساس الثقافى الذى كبر فى ظله. لقد تربيت كملحد، وملحدًا أنا. لكن بعض طرق التفكير، التى تميز الفكر اليهودى، مألوفة لى أكثر من العقلانية الباردة، القاحلة، سواء كانت لمفكرين ماديين أو لعلماء الحجة الكاثوليكية. إنى أعتقد إذن أنه يظل هناك دائمًا تداخل بين المجتمع وما هو دينى، حتى فى فرنسا التى تتحمل عاليًا وبقوة مسئولية علمانيتها. ومن ثم فإن مفاهيمنا الخاصة بالجنين، منذ قرون، هى فى جزء كبير منها وريثة الوثنية والفلسفة اليونانية. ويكفى أيضا، فى هذا الصدد، ملاحظة التشريعات المقررة فى العالم، لإدراك أن البلدان ذات التقاليد اللاتينية تفترض مسبقًا تعريفات للجنين مختلفة جدا عن بلدان شمال أوروبا. على مر السنين، ناضلت داخل المجلس الوطنى للأخلاق أو انطلاقًا من سلطات أخرى، لاقتراح "فكرة" للجنين، تتفق أكثر مع النموذج الأنجلو- سكسونى، العملى والمنفعى، إن لم يوجد مأخذ عليه فلسفيا. (إنى أشير هنا إلى مفهوم ما قبل - الجنين، المستخدم فى بريطانيا، لوصف الجنين الذى يقل عمره عن ١٤ يومًا). من الضرورى ملاحظة أن الفصل بين الكنيسة والدولة فى فرنسا موجود فى النصوص، لكن هناك حالة ما ذهنية "كاثوليكية" باقية. إن طريقة تفكيرنا التى تكيفت بألفى عام من التعاليم الدينية، يظل مسيطرًا عليها

مفهوم المسموح والمحظور، ومفهوم العقيدة التى لا يمكن الاعتراض عليها. إننا ننتظر قانون يهبط من أعلى، "وحى"، يحدد لنا، دون أن يترك أدنى مجالا للشك، ما لا نستطيع أن نفعله وما هو مشروع تحقيقه، بدلا من الاعتماد على "ضميرنا". إننا نتمنى إجابة عامة، موحدة، جامعة، حيث كل إنسان يمثل حالة خاصة. سيكون التحدى من الآن فصاعدًا، بعد النجاح فى فصل الكنيسة عن الدولة على المستوى القانونى، هو التوصل إلى نفس الاستقلال بين ما هو سياسى وما هو دينى، لكن فى أذهاننا وتفكيرنا. سيقال لى، هل هو مثل أعلى خيالى؟ إن ذلك ليس أكيدًا لهذه الدرجة. يمكن وضع نموذج جديد، لا يرفض الدين، لكنه يسمح له بأن يظل فى المحيط الفردى. وسأعود إلى هذه النقطة فيما بعد.

إن مفهوم "الشخص المحتمل" الذى وصفه الـCCNE للإشارة إلى الجنين، يتعلق بهذا المنطق، المتأثر بالكاثوليكية. ومع ذلك، فى مواجهة استحالة ذكر وضع الجنين... تم إعطاء تعريف للجنين. إنه تعريف مفتوح، لكنه لا يحل شيئًا. إن ذلك أفضل بالطبع. لأنه لو تم تحديد وضع الجنين بشكل أكثر وضوحًا، فى اتجاه "الشىء" أو فى اتجاه "الشخص"، لكنا انتهينا من ناحية إلى تحقير أمل الإنسانية الذى يعتبر الجنين حاملا له، وإلى تجمد قانونى شامل من ناحية أخرى. لو أن الجنين شخص لما أصبح هناك شىء مسموح به. لكن هل كان من الضرورى حقا إعطاء تعريف؟ ألم يكن من الحكمة أكثر الاعتراف بأننا نواجه مشكلة منطقية غير قابلة للحل. من جانبى، حتى لو اقتضى الأمر أن أثبت وضعًا وجوديا للجنين، فإننى أفضل أن نتكلم عن "احتمالية الشخص". ويتطابق ذلك بشكل أفضل مع هذا "البين بين" العزيز على. فى تعبير "الشخص الاحتمالى"، يتم قبل كل شىء تعظيم مفهوم الشخص. بينما فى احتمالية الشخص، يتم التعبير عن المستقبل، عن الأمل. ويكون الجنين بالتالى وعدًا بالوجود. وهو مع ذلك، وعد لا يتم الوفاء به فى كثير من الأحيان. إن ذكر احتمالية الشخص يعنى أننا نقول إن هذا الـ"لا شىء تقريبًا" يمكن أن يصبح "كل شىء تقريبًا". إنى ألاحظ بسعادة تطورًا صغيرًا فى طرق تفكيرنا، يتجه إلى مزيد من الفكر العملى وإلى قدر أقل من الفكر النظرى. إن الأحكام الحديثة للقانون، التى

تسمح بالتشخيص السابق لعملية زرع البويضة المخصبة فى الرحم، توضح جيدا أن الجنين لم يعد تمامًا هذا المقدس الذى "لا يمس"، الذى كانه سابقًا.

لقد فهم المشرع المأزق جيدًا. ووضع قوانين تطبق على الجنين، لكنها لا تمنحه وضعًا "قانونيا". فى الواقع، يبدو لى أن وضع الجنين "غير قابل للحسم"، ويجب أن يظل كذلك. تفترض عناصر متعددة أن الجنين ليس شخصًا. ومن ثم تثار قضية وحدانية وتفرد الشخص البشرى. وإن كان الجنين، حتى اليوم الرابع عشر، يمكن أن ينشطر ويؤدى إلى ميلاد توأم، فإن تجربة مينتز (Mintz) تمكنت من دمج لاقحتين[٢] (zygotes) لفأر فى لاقحة واحدة،[٣] مما يفتح الباب لفرضية أنه يمكن لجنينين بشريين أن يؤديا إلى شخص واحد (يبدو أن حالة الخنوثة التى حدثت مؤخرًا عقب تخصيب فى أنبوب اختبار تؤكد هذا الاحتمال: لقد تم دمج جنينين، واحد من الجنس الذكرى والآخر من الجنس الأنثوى، مما أدى لميلاد نوع من "المسخ").[٤] وتذكر حجة ثانية: إن التواتر الأقصى لحالات الإجهاض التلقائى للجنس البشرى، والتى تطال على الأقل حالة حمل من بين كل ثلاث حالات، يثير تساؤلا: كيف يمكن القبول بأن "الطبيعة" أو الرب يضحيان بكل هذا العدد من "الأشخاص". قد تبدو لى هذه الحجج مثيرة للاهتمام لكنها غير كافية لتأسيس علم أخلاق. إننى لا اعتقد فى إمكانية "علم أخلاق طبيعى". إن الإنسان وحده هو الحيوان الأخلاقى، أما الطبيعة فهى حيادية، كريمة فى كثير من الأحيان، وقاسية أحيانًا، بشكل عشوائى غير مقصود. من ناحية أخرى، يفضى القبول بالطبيعة كمعيار أخلاقى إلى مواقف متناقضة. سنذكر كمثال لذلك أهمية "إمكانية الرؤية" كحجة لتحديد وضع للجنين. لقد بينت فى بحث حديث إلى أى مدى اعتبرت اليهودية والإسلام والمسيحية فى القرون الوسطى، وكلها متأثرة بفكر أرسطو، أن

---

(٢) اللاقحة خلية تنشأ من اتحاد مشيجين. (المترجم)

(٣) نجح ب.مينتز B.Mintz فى إنتاج فأر حى انطلاقًا من دمج لاقحتين متحدرتين من والدين مختلفين.

(٤) فى عام ١٩٦٢، أثارت حالة خنوثة اهتمام الباحثين. كان الطفل يحمل مكونات وراثية مزدوجة، 46XX و 46XY.

بداية ظهور شكل بشرى لدى الجنين ذى الـ ٤٠ يومًا هى لحظة بث الروح. وبالطريقة نفسها، أدى تقدم العلم، فى العصر الحديث، بإتاحته إمكانية رؤية الجنين بشكل أكبر باستمرار، إلى منح الجنين هذه الإضافة الخاصة بالروح، هذه الإضافة الخاصة بالحياة، والتى تجعل بعض باحثى علم الأخلاق يقولون حاليًا إن الجنين يصبح شخصًا منذ لحظة التخصيب، أى بمجرد انضمام إرثين وراثيين. وبالتالى كسب هذا الجنين، مع مرور القرون، "استقلاله الذاتى" فى وقت مبكر بشكل متزايد، وبفضل العلم، الذى رغب أن يكون ملحدًا، وجد الجنين نفسه، وبشكل متناقض منطقيا، يُمنح روحًا منذ البدايات! ينتمى الجنين، غير المرئى للعين المجردة، إلى لا كينونة إدراكنا اليومى. لكن العلم، من فرط نفاذه إلى خفايا البيولوجيا، يمنح الجنين المزيد من الوجود باستمرار. لدرجة أنه منذ بداية القرن العشرين وحتى الخمسينيات منه، كما تذكرنا المؤرخة باربارا دودين (Barbara Duden)، "كانت الأخلاق الدينية ترى ضرورة إقناع المعالجين بأن يرشوا بالماء كل سائل يحتمل أنه ناتج من إجهاض، وتعميده بنطق الصيغة التالية: إذا كنت كائنًا بشريا... " منذ القرنين السابع عشر والثامن عشر، بدأ العلم، أى ملاحظة الطبيعة، يعطى للأمشجة الذكرية والأنثوية، ثم للجنين، إمكانية الرؤية، وسمح بالقول إن المرأة حامل، طبقًا لمعايير خارجية عن المرأة. حتى ذلك الحين، كان الإفراغ الإرادى للطفل الذى تحرك داخل رحم أمه هو فقط الذى يعتبر إجهاضًا، لأن الأم كانت الحكم الوحيد لمعرفة إذا كانت حاملا، وبفضل حدسها هى وحدها الحكم على "الشعور" بالطفل الذى تحمله إذا كان لا يزال حيا. حاليًا، وبدون تردد أمام مبالغة القول، يتهموننا بـ"قتل" تكدسات من الخلايا لا يتعدى عمرها بضعة أيام وتم زراعتها فى المختبر. إن ظاهرة إمكانية الرؤية تلعب هنا أيضا دورًا، بما أنه ينظر إلى "موت" جنين فى المختبر على أنه فضيحة، بينما لا تثير الانفعالات نفسها أجنة صغيرة أخرى، مثل التى تطردها موانع الحمل.

قد تكون الطبيعة شرطًا ضروريا لوضع أسس علم الأخلاق لكنها غير كافية بأية حال. إن أخذ الطبيعة كمعيار، يعنى الانطلاق من مقدمة منطقية متحركة تبعًا

للاكتشافات. كما يعنى ذلك إرساء تمييز بين الأجنة المختلفة تبعًا للوسط المادى الذى تعيش فيه (حماية قصوى للجنين فى المختبر، مقابل الجنين فى الرحم). وتبدو لى هذه الحجج غير قابلة للدفاع عنها فلسفيا. هناك من سيعترض على قائلا: " ومع ذلك، لقد أدخلت شخصيا مصطلح الجنين – اللاقحة، للحديث عن هذه الكائنات الصغيرة التى تبحر فى البين بين". لكن سنلاحظ أنى لم أحدد أبدًا سنا فاصلة، يصبح الجنين بعدها جنينا، فى حين لن يكون قبل هذه السن سوى جنين – لاقحة. على النقيض، ينبنى مفهوم ما قبل – الجنين، الذى يستخدمه الأنجلو – ساكسون، على البيولوجيا لتحديد حالة ميتافيزيقية: حتى اليوم الثالث عشر يكون "لا شىء" ويمكن تنفيذ كل شىء عليه، بينما يصبح الجنين بعد ذلك "مقدسًا". ويبرر اختيار كلمة "جنين – لاقحة"، رغم ثقلها وعدم رشاقتها، بموجب معايير أخرى. إن هذا المصطلح موجود ليذكرنا أن ما نقوم بزرعه هى مجموعات من الخلايا وليست أطفالا فى شكل مصغر. فى الخيال الجماعى، وفى مجموع الرموز اليومية، يكون الجنين أقنومًا، وتخلع عليه الصفات البشرية. ويتم تخيله، كما قلت مرارًا، مثل "الدمية باربى"، وليس كما هو عليه فى الحقيقة: أى مستقبل ولا شىء غير ذلك. وقد يكون هذا المستقبل أيضا مشروطًا: يجب أن تسمح له الطبيعة أن يعيش، وفى الوقت نفسه تحمله رغبة الوالدين نحو الإنسانية.

لقد تحدثت بالنسبة للجنين عن "احتمالية شخص". ونجد لدى بعض البروتستانت طريقة أخرى لتعريف الجنين، تبدو لى مغرية جدا، فهم يفترضون أن الجنين "يكون شخصًا" وإنه "ليس شخصًا". لهذا التعريف أهمية مزدوجة. أولا، يناهض هذا التعريف أنواع تفكيرنا المعتادة ولا ينبع من مجرد الملاحظة البسيطة. لقد عبرت عن عدم ثقتى تجاه علم أخلاق "طبيعى". إن هذا التعريف للجنين، بما يبرزه من تناقض ظاهرى، يرفض النتائج شديدة البساطة والمتعجلة جدا التى توفرها الملاحظة وحدها. ويرجع السبب الثانى إلى أن هذا المفهوم المثير "شخص ليس بشخص"، يتطابق تمامًا مع تعريف "لا شىء تقريبًا وكل شىء تقريبًا"، الذى يمثله الجنين بالنسبة لى. إنه مقدس، فهو حامل لمشروع والديه، ويجب استعمال

كل شيء لإنقاذه، كما لو أن الأمر يتعلق فعلا بشخص. لكن بدون مشروع والديه، وبدون مستقبل، لا يكون لا شيء تمامًا، نظرًا للمصير الذى كان يمكن أن يصبح له، فهو "لا شيء تقريبًا". إننى أدين للجنين بشكل ما من الاحترام، خاصة الاحترام بعدم اعتباره أبدًا كمادة، قابلة للتسويق، يمكن التنازل عنها.

إنى أستعير السطور التالية من فرانس كيريه (France Quéré)، التى كتبتها بشكل رائع، بما هو معروف عنها من إلهام وشاعرية: "إن قضيتى شخصنة فورية أو مؤجلة، تكونان تعسفيتين لو تم تناولهما بشكل منفصل، لكنهما معًا ينطقان بحقيقة[...] غير أن تزيينهما بأسماء مغلوطة تاريخيا، إنسان، شخص، ذات، يمنحهما شرفًا فى غير محله، كما لو كان غير كاف لكرامتهما القول إن هناك كائنًا بشريا، وهو تعبير لا يمكن الاعتراض عليه فى كل مراحل نموه". ويذهب تفكير عالمة اللاهوت إلى أبعد من ذلك: "إذا كانت المسيرة نحو التعقيد والتشعب، ومستويات التنظيم المتتالية، والانفعالية، والثقافة، والأدوار فى قلب الجماعة، وأهلية أن يكون المرء صاحب حق والتزام، وهو ما حياه عدد كبير من الفلاسفة ابتداءً من كانت (Kant) إلى جابرييل مارسيل (Gabriel Marcel)، لا تمثل شيئًا أكثر من أربع خلايا أولية لا يمكن أن توجد أية علاقة معها، يكون الإنسان معرضًا بشكل خطير إلى إثبات حالة عدم أهلية. إن تحميل الدين فوق طاقته بما هو إنسانى، يعرضه لأن يداس بالأقدام". إننى أقدر عاليًا نزاهة الكاتبة عندما تضيف: "لقد تصفحت كانت (Kant) طويلا وكل الذين تكلموا عن الشخص البشرى، لكن ذلك لم يوضح لى شيئًا. بقدر ما علمنى علم الأخلاق منذ قرون طريقة معاملة أقرانى، بقدر ما ظل صامتًا ولأسباب وجيهة أمام هذه المواقف التى لا مثيل لها، حيث ما بين المضغة والجنين والمرضى المزمنين الذين توقفت فيهم مظاهر الحياة فيما عدا ما يتصل بالتغذية والإخراج، وأولئك الذين يعانون من موت دماغى، أقابل شخصيات غير عادية، يصعب التعرف عليها بشريا، وأتمتع بسلطات عليهم غريبة عن أية تجربة سابقة".

تقول فرانس كيريه (France Quéré) عندما تتكلم عن هــذه "الخثــرة مــن الخلايا" التى تسمى جنينًا، إنها من "المتعذر تمييزها أو الإمساك بها" وتقول مؤكــدة إن الجنين "صغير جدا ومتمرد جدا، لا يترك نفسه يخضع لتصنيفاتنا". من المتعذر تمييزه، أو "غير قابل للبت فيه"، وهو المصطلح الذى اخترتــه. يبــدو لــى هــذا المصطلح ثريا بشكل خاص. فهو يتفادى الانسياق الدينى الذى يشخــصن الجنــين، وبالقدر نفسه يتفادى تفسيرًا شديد المادية للإنسان، حيث تستبدل الحتميــة الوراثيــة بالقدر الإلهى، لكن حيث لا يعد هناك محل للإنسان أبدًا. منذ وقت لــيس بالبعيــد، كان الأسلوب الشائع بين الفلاسفة، والمؤرخين، والمحللين النفسيين، هو الاستغراق فى مفاهيم العلم، لدعم أطروحتهم. لقد رأينا النظرية النسبية لأينشتاين، والميكانيكــا الكمية، والحركات البراونية، فى قلب وفرة من النظريات، حيث لم يكن لهــا دور تقوم به فى أغلب الأحيان. وأرجو أن تسامحونى لأننى استسلمت بدورى لإغــراء استعارة بعض التعريفات من "العلوم الصلبة". لقد جرى تقــديم هــذه الاســتعارات كثيرًا جدا للجمهور فى مجالات أخرى غير مجالى بحيث إصبحت مألوفة لــه. إن حالات التشابه ليست بلا مبرر، بل إن لها معنى. ومن ناحية أخرى، أنا لم أختــر هذه الحالات لاستعرض علمًا واسعًا فى الفيزياء – وهو ما لا أملكــه – لكــن لأن هذه الحالات تبدو لى موضحة بشكل خاص. إن الجنين لا يسمح بأن يفهم بطــرق تفكيرنا الاعتيادية، لكن يمكن الاقتراب منه وكأنه صورة فى مرآة، باستعارة بعض المفاهيم الرئيسية من الفيزياء. سأشرح ذلك. فى الثلاثين عامًا الأولى مــن القــرن العشرين، أرسى تطور الميكانيكا الكمية عدة مفــاهيم متناقــضة. أولا، فكــرة أن الضوء يمكن أن يكون موجة وجسيمًا. أى يمكن أن يكون متصلا ومتقطعًا فــى آن واحد، وأن الضوء يملك معًا خواصا "متعارضة". إن مثل هذه المفاهيم تكون شــاذة بالنسبة للمنطق التقليدى ويستحيل أن ندركها بمخططات تفكيرنا المعتــادة. ومــن المصدر نفسه، يؤكد مبدأ عدم اليقين لهايزنبرج (Heisenberg) على حقيقة أنــه لا يمكن أن نعرف فى وقت واحد موضع وكمية حركة هذا الجسيم. بمعنى آخر، فإن تبعًا لما يريد المراقب أن يقيسه، ستظل أبعادًا أخرى لهذا الجسيم غامضة بالنــسبة

له. ويؤكد العديد من التجارب هذه التبعية لوضع المرصود بالنسبة لنظرة الراصد. لقد شرحت فيما سبق فكرة أن الجنين يمكن أن يكون "شخصًا" وفى الوقت نفسه لا يكون شخصًا، قد يكون مقدسًا أو زائدًا عن الحاجة، وذلك ليس طبقًا لسنه، أو تكوين جسمه وشكله، إنما طبقًا لمشروع والديه، وهذه الفكرة تبدو لى أساسية. بهذا المعنى، يكون التشابه مع مبدأ عدم اليقين لها يزنبرج (Heisenberg) غنى بالدروس. إن هذا التناقض الظاهرى له منطق داخلى. إن المرصود هنا هو الجنين. وتبعًا للراصد وقصده، لن يتم تعريف هذا الجنين إلا تحت خاصية: الكل شىء تقريبًا، أو الـ لا شىء تقريبًا.

أرجو أن يفهمنى الآخرون جيدا عندما أتكلم عن البين بين لتعريف الجنين، لا يتعلق الأمر بعدم وضوح خاص بمدلول اللفظ، أو بفئة مبهمة حيث يتم وضع كل شىء وأى شىء، وحيث سيكون الجنين شخصًا "بعض الشىء"، دون أن يكون كذلك حقا. لا. إن عدم اليقين ليس نسبية تقوم على التفكير بأن كل الأمور تتساوى. إنه الشك الخصب. ولذلك سأقوم هنا بمماثلة ثالثة. وستكون أيضا مع مفهوم علمى مستعار هذه المرة من الرياضيات وليس من الفيزياء. فى الثلاثينيات من القرن العشرين، أثبت عالم الرياضيات النمساوى كرت جودل (Kurt Godel)، أنه حتى فى العلم الذى يعتبر الأكثر مطابقة للعقل والمنطق، ألا وهو الرياضيات، توجد قضايا "غير قابلة للبت فيها"، بمعنى أننا لا نستطيع أن ندلل على أنها صحيحة ولا على أنها خاطئة. إلا بإضافة مسلمات أخرى إليها. فى مجالى، يبدو لى أن وضع الجنين يتعلق هكذا بما هو غبر قابل للبت فيه. إن الأديان، بإضافة فرضية إضافية، ألا وهى فرضية الروح الموحى بها، قبل ميلاد الطفل، توصلت إلى نتيجة أن الجنين مقدس (تجدر الإشارة إلى أنها لم تذهب إلى حد القول بطريقة صريحة إنه شخص). لكن من يستبعد هذه الفرضية لا يستطيع ببساطة أن يقول شيئًا عن الجنين.

أى عدم قول شىء. كان جون برنار (Jean Bernard) يلاحظ منذ عهد قريب أن الطب يكون بليغًا أكثر بقدر ما لا يكون لديه شىء يقوله. إن ذلك صحيح

فى الطب، كما هو صحيح فى مجالات أخرى. أعتقد أن المفارقة الخاصة بــالجنين كان يجب أن تفرض علينا احترامًا صامتًا. كان يتعــين علينـــا تجنـــب أن نريـــد "امتلاكه" بذكر ماهيته. إن هذا الصمت ليس صمتًا ميتًا. بل هو صـــمت خـــصب، يسمح للنقاش أن يتواصل بدون موقف مسبق. ويبيح ذلك نوعًا من الحريـــة ســـواء فى الممارسة السريرية أو فى التشريع. لقد أعلنت فى كثير من الأحيان عن المبـــدأ الذى يوجه ممارستى: إننى أعتقد فى علم أخلاق عملى ونفعـــى، لا يبحـــث، مثـــل الأديان، عن السعى بشكل دائم وراء "الخير"، لكنه فى كل حالة يتوجه سواء نحـــو الخير أو نحو الضرر الأقل. لأن "الخير" لا يكون موجودًا فى كل موقف، والبحث عنه وطلبه باستمرار حتى فى الأماكن التى لا يكون فيها، يعـــرض لخيبـــة أمـــل، ولاحتمال إلحاق الضرر، باسم الخير. كما أؤمن بأخلاق المسئولية، التى لا تتنكـــر المبادئ الكبرى لكنها تدرك أنها غير قادرة وحدها على توجيهنا على طريق قويم. قد تكون المبادئ الكبرى كافية للقضايا البسيطة، لكنها، على النقيض، تكون ضارة فى المواقف ذات التعقيد والتشعب الكبير. إذن، وضع الجنين هو من هذه المواقـــف المعقدة حيث لا توجد إجابة بديهية، وحيث اليقين الوحيد، إلا إذا كان المرء ماديـــا عنيدًا، هو أنه من نوع الكينونة وليس الامتلاك، وبما أنه لا يمكن امتلاكـــه، فـــلا يمكن أيضا أن يتم تسويقه.

إن حالة الجنين المجمد أكثر إثارة للعبرة. لأن هذا الـــ"لا شىء تقريبًـــا هـــو ليس فى أى مكان تقريبًا. إن مصيره لم يعد يتوقف على القدر، لكـــن علـــى رغبـــة والديه. إنه "حى" (؟) فى زمن معلق، هو تقريبًا خارج الزمن. ومن ثم فهو يجبرنـــا على إعادة التفكير فى الحياة، وإعادة التفكير فى الزمن. ويبين لنا مجددًا أن تعريفًـــا دقيقًا جدا لماهية الحياة لا يؤدى إلا إلى مشكلة منطقية غير قابلة للحل. هناك اعتقـــاد أننا، بمساعدة التصورات، تقدمنا على طريق المعرفة. لقد تأخرنا فى الواقـــع. لقـــد أحطنا أنفسنا بحواجز. هذا كل ما فى الأمر. وكما قال الفيلسوف ألـــين (Alain) "إن المغالاة فى القواعد تخدر الضمير". إن المغالاة فى القواعد بصدد الإنجاب بمـــساعدة طبية (PMA)، قد يعنى الرغبة فى تقنين الجنين، والاحتماء وراء هـــذا التعريـــف،

للتصريح أو المنع، للإدانة أو التأييد. قد يكون ذلك اتباعًا لـ"علم أخلاق" ما، لكنه لا يعنى أن لدى المرء سلوك أخلاقى. إن الأخلاق تتغذى من التناقض والتباينات. إنها ليست علمًا ينطلق من مسلمات راسخة تمامًا، ليصل حتمًا إلى النتيجة نفسها دائمًا.

إن بزوغ علم القرن العشرين، بزعزعته لقواعد نوع من الفيزياء الميكانيكية، قاد الباحثين إلى وضع نموذج جديد،بالمعنى الذى يقصده توماس كون (Thomas Kuhn)[٥] لهذه الكلمة.

وبالطريقة نفسها، يجبرنا الجنين، هذا الذى لا يمكن البت فيه، على النظر إلى الحياة بنظرة جديدة، والدخول فى نموذج جديد. إن فئات المقدس أو المحرم بالية. لكن لا يعنى ذلك وبالقدر نفسه أن الجنين لا يستحق أى احترام. إلا أن إضفاء القداسة عليه يتعلق بفكر سحرى، قديم، وليس بميتافيزيقا. يمكن ملاحظة أنى بإعطاء هذه المحاضرة عنوان "الجنين، هذا المجهول"، كنت أفسر بشكل واع ألكسيس كاريل (Alexis Carrel). إن الاختيار ليس بريئًا، فهو يريد أن يكون مستفزا وأن يتسم بالتناقض الظاهرى. من المعروف أن ألكسيس كاريل (Alexis Carrel) الحاصل على جائزة نوبل كان عالمًا كبيرًا، لكنه كان مفكرًا عديم القيمة، بما أنه كان مدرجًا فى صف المدافعين عن علم تحسين النسل، ومدافعًا فظًا عن الجنس الأبيض، باسم قناعاته فى مجال البيولوجيا. إن أهم أعماله "الإنسان، هذا المجهول"، ليس أمينًا للشاعرية التى يوحى بها عنوانه. على النقيض، وبعيدًا عن احترام غموض ومجهول الإنسان، يرص كاريل (Carrel) التأكيدات، والأحكام

---

(٥) يعتقد توماس كون (Thomas Kuhn) أن العلوم لا تتقدم بطريقة متصلة، لكن بـ"قفزات" وثورات. إن نموذجًا جديدًا يجب استبداله بالنموذج القديم، الذى كان يحكم كل النظريات الصحيحة حتى ذلك الحين. وبهذا المعنى قد اعتقد أن استقلال طرق تفكيرنا بالنسبة للفكر السحرى والدينى الذى تشربت به، يمكن ألا يكون سوى نموذج فكر عفا عليه الزمن، والبديل له أن يتحمل الفرد مسئولية نفسه فى مواجهة مصيره. ويلاحظ ذلك قبلا برؤية أن "الأخلاق" التى تطالب الإنسان بالتصرف طبقًا للضمير، يتم بشكل متزايد استبدالها بـ"علم أخلاق"، أى مجموعة من القواعد الهادفة إلى أن يكون السلوك مستقيمًا وشريفًا.

المسبقة، والأفكار المخالفة للحقيقة عن طبيعة الإنسانية. إن الرغبة في تأسيس ميتافيزيقا الإنسان على الطبيعة، حتى وإن كان ذلك من أجل تعظيم الإنسان بشكل أفضل (لأن ذلك كان هدف كاريلCarrel)، ومحاولة وضع تعريف له لاكتشاف ثرائه بشكل أفضل، تعني التعرض للغرق في الأيديولوجيا. وبالطريقة نفسها، تؤدي المبالغة في تمجيد وتعظيم الجنين، كما يفعل البعض، إلى خلق معبود جديد. وعلى النقيض من ذلك، وأنا أضع عنوان "الجنين، هذا المجهول"، كنت أقترح أنه من أجل احترام الجنين بشكل أفضل، يجب أن يترك له نصيبه من الغموض، ونصيبه من المجهول. إننا بالمبالغة في وضع النظريات عن الجنين، نجازف بتصنيفه، وبحبسه.

لقد قلت مرارًا، هنا وفي أماكن أخرى، إنني أؤمن بأخلاق المسئولية، بالمعنى الذي حدده هانس جوناس (Hans Jonas). تريد أخلاق المسئولية أن تكون في ملتقى طرق بين المبادئ الكبرى، التي كانت كافية للإنسان حتى الآن لكي يتصرف بشكل أخلاقي، وتعقيد وتشعب عالمنا الذي يتطلب أن نفكر في كل حالة على حدة، حتى ولو أدى ذلك إلى مخالفة بعض هذه المبادئ الكبرى، باسم عدالة أكبر. وتعتمد هذه الأخلاق على أن أفعالنا لا تحركها فقط عواقبها المباشرة، لكن أيضا عواقبها على المدى الطويل بالنسبة للإنسانية. إن ذلك يفرض على المرء أن يكون مسئولا بالمعنى الصحيح للكلمة، أي أن نكون قادرين على تحمل مسئولية قراراتنا. إن ما آسف له، أن يتم في كثير من الأحيان تضليل وتحويل "عملية استكشاف الخوف" هذه، التي هي ضرورية أكثر من أي وقت مضى، بقدر ما نجهل غالبًا مدى أفعالنا، إلى "ميتافيزيقا الوهم". إننا نحاول أن نحمي أنفسنا من أخطار احتمالية وهمية تمامًا، وبينما ننشغل بحماية أنفسنا، ننسى أخطار حقيقية تمامًا. إنها سياسة النعامة، النسخة "الأخلاقية".

لا يمكنني إذن أن أختم هذه المناقشة، دون أن أذكر بموضوع المناقشة السابقة. من فرط الإفاضة في الحديث عن الجنين، ومحاولة إيجاد، بهمة ونشاط، وضع له، نسينا الإنسان. إننا نركز انتباهنا على كائن افتراضي، احتماليا كامل.

ونهمل بذلك الكائن الذى يعيش بالفعل. إن الاهتمام بإنسان كامل... أضفى عليه الكمال، لا يعد تقدمًا أخلاقيا. إن أكثر الأيديولوجيات تخريبًا هى بالتحديد التى طالما مجدت الإنسان، وحطت من قدره. إن الجنين، النموذج الأول لإنسان بدون شائبة، بدون نقيصة، يجعلنا ننسى أن الإنسان غنى بتناقضاته.

إن الجنين ذا البضعة أيام ينسينا بشكل خاص الجنين ذا العدة شهور. كم من الوقت مضى فى ثرثرة لتحديد درجة شخصية هذه الخلايا، بينما فضيحة الأجنة ذات الـ ٢٨ أسبوعًا، المدفونة فى القمامة، تستمر. كم من الأجنة ذات الأيام قد تم "إنقاذها"، بينما كانت الأسر المحزونة، تترك بدون أنباء عن طفلها، عاجزة عن الصبر. لقد أثقلوا أسماعنا بكرامة الجنين ذى البضعة أيام لكى يصمتوا عن كرامة الجنين المكتمل. غير أن، وضع الجنين المكتمل يبدو لى، بخلاف ذلك، له معنى أكبر من وضع الجنين المضغة، وينكر المصير المقدر لبعض الأجنة المكتملة تمتعها بالإنسانية، التى تتعلق مع ذلك بأمر بديهى.

إن الأخلاق الحقيقية ليست أخلاق الصالونات، البراقة، السمحة، التى تضحى بالحقيقى من أجل الافتراضى. وكأن هذه الأخلاق تعلم كل شىء، تنتقد وتضع التعريفات والتصورات. وتنتهى بأن لا تريد أن تقول شيئًا. لا، إن الأخلاق الحقيقية أكثر تواضعًا، وأكثر واقعية، وأكثر عملية ونفعية. إنها تجازف بأن تخطئ أحيانًا. إنها لا تتكلم بلهجة جازمة، وتتحسس طريقها فى كثير من الأحيان. لكنها تحاول قبل كل شىء، أن تظل فى خدمة الإنسان.

المراجع

1. MINTZ (B.), *Gene Control of Mammarian Pigmentary Differentiation. I. Clonal origin of melanocytes*, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, USA. n° 58. p. 344-351. Cité p. 139 par Boné (E.), Malherbe (J.-F.), *Engendrés par la science*, Coll. « Recherches morales ». Le Cerf, 1985.

2. FRYDMAN (R.), *Dieu, la médecine et l'embryon*, Éditions Odile Jacob, 1997.

3. QUÉRÉ (F.), *L'Éthique et la Vie*, Odile Jacob, 1991.

4. FRYDMAN (R.), *Mourir avant de n'être ? Aspects éthiques*. Frydman (R.), Flis-Trevès (M.), *Mourir avant de n'être ?* Colloque GYPSY I, Éditions Odile Jacob, 1997, p. 97-108.

– BONÉ (E.), MALHERBE (J.-F.), *Engendrés par la science*, Coll. « Recherches morales », Le Cerf, 1985.

– CASPAR (P.), *La Saisie du zygote humain par l'esprit*, Le Sycomore, 1987.

– DUDEN (B.), *L'Invention du fœtus*, Descartes, 1996.

– SOKAL (A.), BRICMONT (J.), *Impostures intellectuelles*, Éditions Odile Jacob, 1997.

نمو وتطور الجهاز العصبى[٦]

بقلم: ألان بروتشيانتز

Alain PROCHIANTZ

ترجمة: لبنى الريدي

سيتناول حديثنا علم الأجنة، ليس علم الأجنة البشرية، وإن كانت بعض سمات نمو الأنواع الأخرى هى أيضا صحيحة بالنسبة لنمو الإنسان. لدينا، فى الواقع، الكثير الذى نتقاسمه مع الحيوانات الأخرى، بل ومع الفطريات والنباتات.

إذا كان يتعين إعطاء تعريف لعلم الأجنة، فسيكون بسيطًا نسبيا. إن علم الأجنة هو مجموع العمليات التى تؤدى من البيضة، من اللحظة التى كونها فيها الحيوان المنوى والبويضة، إلى الجسم الناضج أو الصورة النهائية للكائن (imago). وبالتالى تحت كلمة علم الأجنة تختلط عمليتان أو تتطابقان:

- إنتاج فرد يكون شكله ممثلا للنوع (الصورة النهائية للكائنimago).
- إنتاج فرد خاص يختلف عن باقى أفراد نوعه.

إن هاتين العمليتين كل منهما مسجلة فى الأخرى، وطبقًا للنوع أو القسم - أى المكان الذى يشغله الفرد فى تاريخ التطور - لا يكون لهما بالضرورة الأهمية نفسها.

إن علم الأجنة (embryologie)، أساسًا، مسألة أشكال ومسألة وقت. انطلاقًا من البيضة يتشكل فرد يكون شكله، imago، مختصًا بالنوع. إن البيضة، هى خلية

(٦) نص المحاضرة رقم ٢٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٤ يناير ٢٠٠٠.

بينما الفرد، هو عدة مليارات من الخلايا. يوجد إذا تكاثر ضخم لعدد الخلايا انطلاقًا من البيضة. فضلا عن أن الفرد يتكون من أنواع عديدة من الأنسجة، عضلية وعصبية، وكبدية. تتكون هذه الأنسجة انطلاقًا من ثلاث وريقات جنينية: طبقة المضغة الوسيطة التى ستتشكل منها العضلات والعظام. وطبقة المضغة الظاهرة التى سيتشكل منها الجهاز العصبى والجلد، والأدمة الباطنية التى سيتكون منها الجهاز الهضمى والرئتين والغدد الملحقة بالجهاز الهضمى، مثل الكبد والبنكرياس والغدة الدرقية.

لقد تم أولا الحصول على نتائج المرحلة الأولى لتكون النسيج العصبى – التخليق[٧] العصبى – لدى الضفدع Xénope، لكنها صحيحة أيضا بالنسبة لفرخ الدجاج، كما أنها صحيحة فى إطار الخطوط العريضة بالنسبة للفأر والإنسان. فى البداية، يؤدى طور تكاثر يبدأ من الخلية الأولية إلى مرحلة التوتية[٨] (morula)، ثم مرحلة الجذيعة[٩] (بلاستوله blastula) التى تسبق مرحلة تكون الحويصلة الفهوية أو الجسترولة[١٠] (gastrulation) والتخليق العصبى (induction neurale). إن البلاستولة هى عبارة عن كرة رخوة ذات خلايا على السطح. وسينمو الجهاز العصبى ابتداء من السطح الخارجى الظهرى لهذه الكرة. خلال مرحلة تكوين الجسترولة يتم تخليق هذه الطبقة الجلدية الخارجية الظهرية، لتصبح طبقة جلدية خارجية عصبية، أى لتكوين جهاز عصبى.

لقد اكتشف التخليق العصبى خلال السنوات ١٩٣٠-١٩٤٠ على يد مانجولد (Mangold) وسبيمان (Spemann) عقب تجارب قاما فيها بزرع قطع من جنين سمندل ماء أبيض فى جنين سمندل ماء أسود، بهدف التمييز بين نسيج مستقبل

---

(٧) مجموعة العمليات التى يتقرر بها مصير الخلايا الجنينية والتى يحدث التخلق البنيوى بواسطتها. (المترجم)

(٨) كتلة الخلايا الناشئة عن انقسام البيضة عند كثير من الحيوانات فى مراحل تطورها الأولى. (المترجم)

(٩) شكل من أشكال الجنين فى مراحل التطور الباكرة عند كثير من الحيوانات. (المترجم)

(١٠)جنين مكون من كيس مفتوح الفم وجدران مؤلفة من طبقتين من الخلايا. (المترجم)

ونسيج واهب. وبأخذ منطقة خاصة من السمندل المائى الأبيض وزرعها فى المنطقة البطنية لبيضة سمندل مائى أسود، أدركا أنها تكون خلايا ظهرية فى المنطقة البطنية لهذا الأخير. وبدلا من الحصول على سمندل ماء له تكوين طبيعى، حصلا على سمندل ماء له ظهرين وبدون جزء بطنى. لقد حرضا على تكوين نظام عصبى مركزى ثان.

عقب هذه التجارب، حاول العديد من الباحثين تحديد الطبيعة الجزيئية لهذه المخلقات(١١) العصبية الموجودة فى هذه المنطقة الصغيرة المحدثة للتخليق الجنينى والخاصة بطبقة المضغة الوسيطة، التى بوضعها فى تلامس مع المنطقة البطنية، تعدل مصير الجنين.هذا البحث الخاص بالمخلقات العصبية المستمر منذ أكثر من ٦٠ عامًا، لم يحقق بعد النجاح الكامل، حتى يومنا هذا. وبعد النمو، يستطيل السمندل المائى ويتكون على السطح الظهرى قرص عصبى. ولن يتولد عن هذا القرص العصبى أنبوب عصبى، إلا بعد أن يقوم الجنين بدمج هذا القرص داخله.

فى نمو الجهاز العصبى، كما فى النمو بشكل عام، تلعب المعلومات الموضعية دورًا مهمًّا جدا. ويمكن رؤية الجهاز العصبى كقرص، ورقة يمكن أن نرسم عليها تخطيطًا مقسمًا إلى مربعات. بمجرد أن ينغلق القرص على نفسه فى شكل أنبوب، يظل مقسمًا إلى مربعات.هناك اتجاه ظهري- بطنى واتجاه أمامى – خلفى. إذا كان كل واحد من هذه المربعات محددًا بالتعبير الخاص بفئة جينات، أى بخوارزمية وراثية، سنكون قادرين على تحديد موضع أية خلية انطلاقًا من معرفة الجينات التى تعبر عنها.إن تصور الجهاز العصبى كسطح مستو، وتصور قضية المعلومات الموضعية مثل قضية تقسيم المستوى إلى مربعات محددة، يمكن أن يساعد بشكل أفضل بكثير فى فهم المسائل التى طرحت عن بناء الجهاز العصبى. إن المعلومة الموضعية تعنى أن خلية من منطقة معينة، عندما تنغلق القناة العصبية وتتشكل، ستولد نوعًا من الخلايا محددًا تمامًا، على سبيل المثال خلايا خاصة

(١١) المخلقة: مادة قادرة على إحداث التخليق الجنينى. (المترجم)

ومميزة للقشرة الجبهية أو لأسفل النخاع الشوكى. رغم أن فى البداية وفى لحظة تكون القرص العصبى تكون الخلايا متماثلة للغاية.

بعد ذلك بكثير، سيتم بناء شبكات الخلايا العصبية. تتجه الخلايا العصبية إلى إرسال محور عصبى، وهو امتداد لها، نحو منطقة أخرى لتكوين ممس،(١٢) تلامس بين الخلايا العصبية. إن ملاحة مخروط النمو، الرأس الباحثة للخلية العصبية، يجب أن تكون دقيقة. إذ يجب على مخروط النمو أن يكون قادرًا، فى الفراغ الثلاثى الأبعاد للجهاز العصبى، على أن يتعرف على هدف قد يكون أحيانًا بعيدًا جدا. ويكون تخطيط المعلومات الموضعية على شكل مربعات أساسيا لكى يتعرف مخروط النمو على موقعه، ويعرف إلى أين يتعين عليه أن يتوجه ومتى يجب أن يتوقف، أى لبناء جهاز عصبى وظيفى.

الآن سوف نستطرد فى الحديث عن مفهوم المعلومات الموضعية وما يسمى بجينات النمو. إن للجينات أهمية متغيرة. وبالتالى، قد تكون الجينات التى تتحكم فى شكل ولون الشعر ولون العيون مهمة من وجهة نظر جمالية، لكنها ليست أساسية فيما يتعلق بنمو الجنين. على النقيض، توجد فئات جينات تسمى جينات نمو، وهى رئيسية فيما يتعلق بشكل الجنين ونموه.

إن اكتشاف الجينات التى تسبب طفراتها تعديلا للشكل، يمثل تقدمًا كبيرًا فى فهم كيفية بناء جهاز عضوى. لقد حدث الانفراج الكبير مع ذبابة الخل، دروسوفيل، حيث أثبت علماء وراثة فى بداية القرن العشرين، خاصة مدرسة مورجان (Morgan)، أن بعض الطفرات يمكنها تحويل عضوًا ما إلى عضو آخر، مثل تحويل العين إلى جناح (طفرة عين – جناح). إن هذه الطفرات المسخية، توحى بأن الجينات المتحولة كانت مسئولة عن النمو التخليقى لهذه الأكداس الصغيرة من الخلايا الجنينية، التى هى أصل الأعضاء المختلفة للذبابة.

---

(١٢)نقطة تماس محور إحدى الخلايا العصبية بجسم خلية عصبية أخرى أو بإحدى زوائدها. (المترجم)

لقد تم زرع هذه الجينات لدى الذبابة. وقد سميت جينات مثلية (homogènes) لأن طفرتها تؤدى إلى تحول عضو من جزء من الذبابة، إلى عضو متماثل لجزء آخر (الجناح إلى عين أو قرن استشعار إلى رجل، على سبيل المثال). إن وجود هذه الجينات يربط النمو بالتطور. فى الواقع، يسمح فهم تحول عضو إلى آخر، بفهم كيف تشكلت المسوخ عبر التطور. من المحتمل أن يكون العديد من عمليات خلق أنواع جديدة (المسوخ التى نجحت) مرتبط بتعديلات فى عدد هذه الجينات، ومكان تعبيرها، وبشكل خاص زمن تعبير هذه الجينات التى تؤثر على النمو التشكلى للحيوانات والنباتات.

إن هذه الجينات المثلية تضع الشفرة لعوامل النسخ، أى البروتينات التى تبقى فى نواة الخلايا، وتنظم تعبير جينات أخرى. إنها إذن جينات معمارية تحتوى على تصميم الذبابة، وتقرر موضع الأعضاء المختلفة. إنها تنظم جينات أخرى، وتقوم هذه الجينات فعليا بصنع الأعضاء. وتقع هذه الجينات الخاصة بالنمو فى مركز الشبكات الوراثية. إن إحدى الصعوبات الكبرى أمام بيولوجيا النمو حاليًا، هو فهم ما هى الجينات التى تقوم جينات النمو بتنظيم نشاطها، لقد تم حاليًا تحديد هوية كل جينات النمو تقريبًا فى المملكة الحيوانية.

لدى الذبابة، تكون جينات النمو هذه مرتبة على امتداد كروموسوم (صبغى). والشيء المثير للدهشة، أن الجينات التى تقع فى الجزء "الأمامى" من الكروموسوم، فى ٣، تعبر عن نفسها فى المناطق الأمامية جدا من الحيوان والجينات فى ٥، التى تقع فى الجزء" الخلفى " من الكروموسوم، تعبر عن نفسها فى المناطق الخلفية جدا. وبشكل ما، تكون الذبابة ممثلة على الكروموسوم بواسطة ترتيب جينات هذه المجموعة المثلية (homéotique). وعندما ينتقل الجينوم من جيل X إلى الجيل X+1 فإن مخطط الحيوان، الصورة النهائية للكائن (imago)، الذى سيتعين بناؤه يكون قد تم نقله وراثيا.

إن عوامل النسخ هذه، أى منتجات جينات النمو تلك - جينات تجمع HOM

– تستقر فى الدنا (A D N)، لأنه يتعين عليها تنظيم تعبير جينات أخـــرى. إنهـــا تثبت نفسها بواسطة سلسلة صغيرة من ستين حامضًا أمينيًا تقريبًا، تسمى النطـــاق المثلى (homéo domaine) ويتم تشفيرها بواسطة الصندوق المثلى. ولكـــل هـــذه الجينات عند الذبابة نفس الصندوق المثلى تقريبًا. إنها تكون إذن عائلة. وبفضل هذا التوقيع الخاص بالصندوق المثلى، عثر على هذه العائلة عند الفأر وعند الإنـــسان. لكن لدى الفقريات، لا توجد هذه الجينات مرتبة على كروموسوم واحد، لكن علـــى أربعة كروموسومات، ولجينات هذه التجمعات الأربعـــة HOM /HOX الخـــواص نفسها تقريبًا التى لجينات الذبابة. وتعبر عن نفسها فى الجزء الأمامى من الجنـــين عندما تكون فى ٣' من الكروموسوم، وفى الجزء الخلفى للمحاور الجنينية عنـــدما تكون فى ٥' من الكروموسوم. وبتحليل جينات الذبابة والفـــأر، تـــم ملاحظـــة أن استبدال جينة ذبابة بجينة فأر موضوعة فى الموضـــع نفـــسه علـــى واحـــد مـــن الكروموسومات الأربعة، يسمح بإصلاح الذبابة. إن هذه التكاملية تدل على تماثـــل عبر التطور، أو تدل أيضا على ظاهرة وجود جينات مشتقة مـــن ســـلف مـــشترك وموجودة فى أنواع مختلفة (ortholgies)، وقد تكون لهذه الجينات نفس الوظيفـــة كما قد لا تكون كذلك.

انطلاقًا من ملاحظة هذه الظاهرة (ortholgies)، يمكن الوصول إلى استنتاج انه يوجد سلف مشترك لمفصليات الأرجل(١٣) والفقاريات. ومن الممكن أن يكون هذا السلف قد عاش من ٦٠٠ مليون عام، قبل الانفجار القبكمبرى – أى ما قبل العـــصر الكمبرى – لقد سار التطور إذن فى طريقين مختلفين، حيث اتجه الطريق الأول نحو تشعب المفصليات، والطريق الآخر نحو تشعب الفقاريات، ومن المحتمل أن يكـــون تضاعف كروموسومين قد أتاح تكون التجمعات الأربعة التى هى توقيع الفقريات.

إن الجينات التى وصفناها توا لا تؤثر مباشـــرة علـــى الجهـــاز العـــصبى الأمامى. ومن ثم استخدم الباحثون المهتمون بالمخ، استراتيجية قريبة جدا بالبحـــث

---

(١٣)شعبة من الحيوان تشمل طوائف من الحشرات وكثيرات الأرجل والعناكب والقشريات. (المترجم)

عن جينات تعبر عن نفسها فى العقَد الدماغية للذبابة. لقد عثروا مجددًا على جينات من نفس العائلة، تقوم بالتشفير لعوامل النسخ، على سبيل المثال الـ orthodenticle أو otd. وبعد اكتشاف هذه الجينات، بحثوا إذا كانت هناك جينات مماثلة فى مخ الفأر وعثروا عليها. على سبيل المثال، إن otx1 وotx2، وهما قريبتان جدا من otd، تعبران عن نفسهما أيضا فى المناطق الأمامية من القشرة الدماغية للفأر وللإنسان، وهما قادرتان أن تكونا تكميليتين لـ otd. إن إلغاء الجينة otd لدى الذبابة يؤدى إلى فقد التكوينات الدماغية الأمامية، كما تؤدى بعض بدائل الـ otd، إلى فقد زئم أى عيون الحشرة (ثلاث "عيون" ظهرية). إن وضع الـotx1 أو الـotx2 الخاصة بالفأر أو الإنسان محل الجينة الملغاة يعيد للذبابة تشكلها الطبيعى. يضاف إذن إلى تماثل التكوين وموقع التعبير فى المناطق الأمامية من الجهاز العصبى، التكاملية الوظيفية. إن ذلك يفترض بشكل قوى جدا، أن المناطق الأمامية كانت موجودة لدى السلف المشترك، وربما قبل ذلك. وبالتالى تكون الفكرة المنتشرة جدا بأن تكون الدماغ (Céphalisation) عملية متأخرة من التطور، هى فكرة خاطئة. إن علم وراثة النمو يثبت لنا أن الرأس فى الواقع كانت هناك منذ البداية، على الأقل منذ اللحظة التى انفصلنا فيها عن أبناء عمومتنا البعيدين، مفصليات الأرجل.

لماذا لدينا جينتان otx 1 وotx 2؟ إن وراثيات الفأر متطورة بما فيه الكفاية، بحيث يمكن نزع أو إضافة جينة فى أية لحظة من النمو. إننا نتحدث عن فقد أو كسب وظيفة. إن قطع كروموسوم مع فقد عنصر ما، يشكل سببًا للطفرة، لأن إزالةotx2 يعطى فأرًا بدون رأس، أى بدون جهاز عصبى أمامى، وذلك شىء مميت. أما نزع otx 1 فإنه يترك مخا شبه طبيعى، لكنه يصبح أكثر نحافة من الجانب الصدغى، ويعانى الفأر من نوبات صرع. وبشكل خاص، يفقد الفأر القناة الجانبية شبه الدائرية للأذن الداخلية، وهو تكوين يظهر خلال التطور مع تحول الأسماك التى بدون فك (حلقيات الأفواه) إلى ذوات الفكوك. أى أنه تم استبدال otx2 بـ otx1، حيث يبدأ الفأر بصنع جهازه العصبى لكنه لا يحافظ عليه. وإذا

تم استبدال otx1 بـ otx2 يتم استعادة كل وظائف otx1 تقريبًا، إلا نمو القناة الجانبية شبه الدائرية للأذن الداخلية. ويفترض ذلك أنه كان لا يوجد في البداية سوى otx2 فقط (جينة مشتقة من سلف واحد الـ otd وهى موجودة فى أنواع مختلفة). إن تضاعف otx2 جعل من الممكن تكون otx1، وهى الجينة المتشاكلة لـ otx2 ولها معها سلسلة سلفية مشتركة مباشرة (paralogue)، وقد جلب تطورها مكاسب وظيفية مرتبطة بالانتقال من الأسماك حلقيات الأفواه إلى ذوات الفكوك.

إن دراسة جينات النمو لا تسمح إذن بفهم نمو مجموع الأعضاء فقط، لكنها تسمح بفهم تطور الأنواع. لقد تم ميلاد فرع علمى جديد: النمو / التطور أو "évodévo".

توجد كمية كبيرة جدا من الجينات التى تعبر عن نفسها فى المناطق الأمامية والخلفية والظهرية والبطنية للجهاز العصبى، بحيث إذا أخذنا نظامًا عصبيا مسطحًا ورسمنا عليه مخططًا مقسمًا إلى مربعات، يمكن تعريف وتحديد كل منطقة بواسطة ترتيب العناصر طبقًا لعدد معين من توافيق تعبير جينات النمو. وطبقًا لهذه المعلومة الموضعية ستقوم الخلايا بخلق الأعضاء المختلفة.

إن المرحلة التالية من تكون الجهاز العصبى، بعد تكون القناة العصبية انطلاقًا من القرص العصبى الذى انغلق على نفسه، هى جعل هذه القناة تكبر. ويتعين مثلا، ابتداءً من صف أو صفين من الخلايا، بناء قشرة مساحتها ٢ متر مربع لدى الإنسان الحديث بوصفه نوعًا بيولوجيا (Homo sapiens). إن المناطق المختلفة من هذه المساحة لا تكون متجانسة، ولا تؤول إليها الوظائف نفسها: توجد مساحات خاصة بالشم، ومساحات ترابطية، ومساحات سمعية، ومساحات بصرية، إلخ. وخلال التطور، زادت مساحة القشرة وانقسمت إلى مناطق. وتسمح الثنيات والتلافيف بحزم كل ذلك داخل الجمجمة.لقد اختلفت، على الأرجح، الزيادة العامة للمساحة، وزيادة المساحات التى تؤول إليها وظائف نوعية معينة، عقب طفرات جينات النمو المنظمة للتكاثر الخلوى ولبقاء الخلايا على قيد الحياة فى مناطق

خاصة. على سبيل المثال، زادت المساحات المخصصة للوظائف المسماة إدراكية، وترابطية، وتلك التى تسمح بالسيطرة على اللغة، لدى الإنسان كنوع بيولوجى أكثر مما لدى أبناء عمومتنا الرئيسات.

بعد تقسيم الجهاز العصبى إلى مناطق لكل منها نشاط معين، تسمح المرحلة الثانية من هذا النمو إذن بتكاثر الخلايا، وتنظيم القشرة فى ست طبقات، وتكوين كل التركيبات الدماغية، وملاحة المحور العصبى، وتكوين ممسات. إن آليات توجه خلية، أو مخروط نمو محور خلية عصبية، ليست معروفة بعد، حتى وإن كنا نعرف أنها جزء لا يتجزأ من قراءة المعلومة الموضعية، وبالتالى من تعبير جينات النمو.

سننتقل الآن إلى سمات أكثر عمومية. لقد رأينا حالا أن لدينا على مستوى الكروموسومات أربعة أنواع من التمثيل للجسم، وهى أنواع التمثيل الخاصة بجينوم مخطط الجسم، وهو ما نسميه homonculus وراثى. ويتم تحديد مخطط الجسم هذا بواسطة تموضع جينات النمو تلك على امتداد الكروموسومات، وبواسطة نطاق تعبيرها المكانى – الزمانى. إن المخ ذاته موضع بناء وراثى خاضع لتنظيم وضبط خاص بالتخلق المتعاقب.[١٤] على سبيل المثال، يوجد فى القشرة الخاصة بالحواس – فى شكل شبكات عصبية – تمثيل للجسم إذن ذو طابع وراثى لأنه ينسخ الصورة النهائية للكائن imago، لكن هذا التمثيل يتشوه بشكل خاص بالتخلق المتعاقب لأن المناطق الأكثر تزودًا بالأعصاب على المستوى الحسى تستنفر أكبر عدد من الخلايا العصبية. إن التنبيه الحسى "ينشط ويشوه " مجموعة من الخلايا العصبية التى، مثلا، هى "اليد فى المخ".

إن الشبكات العصبية تبنى وفقًا لإجبار وراثى، حيث يتعلق الأمر بخريطة المخ الخاصة بالجسم (homonculus)، وهى خريطة نوعية خاصة بالنوع، وفى

(١٤)نظرية تقول بأن الجنين يتكون بسلسلة من التشكلات المتعاقبة، وهى تناقض نظرية التخلق السبقى القائلة بأن جميع أعضاء الجنين موجودة وجودًا سبقيا فى الجرثومة. (المترجم)

الوقت نفسه وفقًا لمحيط حسى. إذا قطعنا الناقلات الخاصة بالحواس من الطرف إلى المركز، نفقد النمو الصحيح لعمليات تمثيل الجسم عند مستوى القشرة. وإذا نزعنا، من الفأر عند المولد، شعر المنخرين (مستقبلات حسية على أنف الفأر) فإنه لن يتم تمثيلها فى القشرة، وسيكون العضو غائبًا (غير موجود). إن استخدام وتأثير البيئة المحيطة على كل الأنظمة الحسية، يعدل إذن بناء عمليات التمثيل لكل فرد على مستوى الجهاز العصبى المركزى. إن ذلك ما يسمى بالتخلق المتعاقب، وهو عملية يكون بواسطتها كل الأفراد مختلفين، وإن كانوا ينتمون إلى النوع نفسه. إن المخ قادر على تسجيل الأثر المخلف فى الدماغ من حادث من الماضى الشخصى لحدث فردى، انفعالى، حسى، والتنبيهات التى نتعرض لها عن طريق الوسط. وكلما زادت التنبيهات والإثارات التى نتعرض لها، نمينا تكوينات تخلق متعاقب متنوعة. إن ذلك حقيقى لدى الطفل، ولدى المراهق، وأيضا لدى البالغ. فى الواقع، إن أحد أكبر ابتكارات الفقريات هو الاحتفاظ بجهاز عصبى جنينى لدى البالغ. وهكذا، فإن التخلق المتعاقب ينشا ابتداءً من الخلايا العصبية الجديدة، والتشجرات العصبية التى يتغير شكلها، والممسات التى تتكون وتتفكك.إنها آلية تكيف تستمر طوال الحياة.

إن حقيقة أن يكون الفرد من مفصليات الأرجل، أو من الفقريات له عواقب أساسية على استراتيجيات التكيف. إننا نتقاسم الكثير مع الذباب، ومع الديدان، وكل الدراسات على هذه الكائنات لها أهمية استثنائية لفهم كيف يعمل وكيف ينشأ الجهاز العصبى للفقريات. لكن العمليات المنطقية لإستراتيجية التكيف الخاصة بنا مختلفة جدا. فى الشعبة الخاصة بمفصليات الأرجل، منافسنا الكبير على مستوى التطور، يتم التكيف بطريقة وراثية صرفة تقريبًا. لا يوجد سوى القليل جدا من التفرد. إن بناء الفرد لا يكون أبدًا بعيدًا عن بناء الجينوم الخاص به. لدى الفقريات، وبشكل أكبر لدينا، لأننا نملك نظم اتصال غنية جدا بالمعانى، اللغة بشكل خاص، حيث لا يتم التكيف على مستوى انتقاء مجموعات الخلايا، وإنما يتم على مستوى تنوعية الفرد، وتطوره. إن التكيف يتم عن طريق التفرد.

إن الجهاز العصبى لفرد ما، عند الزمن t وعند الزمن $t + \delta t$ ليس هو ذاته، لقد تطور. إن شدة الممسات وعددها، وعدد الخلايا، وتنظيم الشبكات ستكون قد تغيرت. إن هذا التغير فى التكوين البيولوجى يتطابق مع تطور الفرد، أى مع تكيفه مع وسطه، واستجابته لتاريخه. هناك إذن مرونة لدى البالغ، فى حدود معينة بالطبع، وترتبط هذه المرونة بكل تأكيد بالتعبير المستمر لهذه الجينات نفسها الخاصة بالنمو، والتى هى مسئولة ليس فقط عن التطور، وليس فقط عن ترتيب التكوينات الدماغية الكبيرة (القشرة، المخيخ، النخاع الشوكى)، لكنها مسئولة أيضا عن المرونة الدائمة للنظام التشكلى، أى الخاص بهيئة الأجسام الحية وتكوينها، بما فى ذلك عند سن الرشد.

وتستلزم المرونة أن تولد خلايا عديدة، وأن تتشكل وتموت. توجد خلايا جذرية فى الجلد والكبد والجهاز المناعى/الخاص بتكون الدم، لكن توجد أيضا هذه الخلايا فى الجهاز العصبى المركزى. لقد تم العثور على الخلايا الأولى من هذا النوع فى البصيلة الخاصة بالشم. تتكاثر الخلايا العصبية الداخلية للبصيلة الخاصة بالشم مرة كل شهر تقريبًا انطلاقًا من منطقة ما تحت البطين،التى هى تكوين قشرى يقع فى الجزء الأمامى من المخ، والتى تهاجر منه الخلايا لتغزو البصيلة. وتتكاثر هذه الخلايا الجذرية، وتهاجر، وتتشكل مثل الخلايا العصبية الطبيعية خلال مرحلة نمو الجنين. كما رصدت خلايا جذرية فى قرن آمون، وهو تكوين فى الجزء الخلفى من القشرة، وله أهمية كبيرة للذاكرة الفراغية. وفى عدد من أمراض التدهور العصبى، يحدث فقد للخلايا على مستوى قرن آمون. لقد عثر، مؤخرًا جدا، على خلايا جذرية فى القشرة الترابطية لقردة الماكاك.[١٥] وتعتبر هذه القشرة إحدى المناطق الأهم لعمل الذاكرة، وبناء الذكريات، وبطريقة ما للتفكير.

إن النمو الجنينى يتواصل إذن بشكل صامت لدى البالغ بنشوء خلايا جذرية جديدة، سوف تهاجر، وتتخلق وتندمج فى شبكات عصبية جديدة من الميلاد حتى

---

(١٥)نوع من القرود الآسيوية. (المترجم)

الموت، إنها أحد أسس قدرتنا على التعلم وقوتنا على التكيف، على المستوى الفردى، فى مواجهة التحديات التى تجلبها لنا تغيرات البيئة المادية والانفعالية. إذن، سيتعين طرح قضية الشيخوخة من جديد. إن الشيخوخة، بالنسبة للبعض، هى فقد للوظائف ابتداء من سن مثالية، نوع من كسب فاجع فى الإنتروبيا. يمكن أيضا رؤية الشيخوخة كتراكم حوادث النمو لدى البالغ. إن بيولوجيا النمو يمكن أن تعطينا مفاتيح لفهم ما هى الشيخوخة لدى الحيوان البالغ، وما هى الأمراض العديدة التى تصيب الجهاز العصبى بالتدهور مثل مرض ألزهايمر.

فى النهاية، سنعود إلى ما تقوله لنا هذه النتائج، المروية بطريقة تقريبية تمامًا، عن ما يسمى "الفكر". يوجد كثير من الغموض واللبس حول كلمة " فكر ". إن الفكر ليس مادة، ولا هو آلية. بالنسبة للبيولوجى، الفكر هو العلاقة التكيفية لكل جسم حى مع وسطه. إن مفصليات الأرجل واللافقريات لهما فكر وراثى جدا: علاقتهم بالوسط محددة وقريبة جدا من الجينوم الخاص بهم. ويمثل ذلك إجبارًا وقيدًا، لكنه ربما يكون أيضا نجاحًا، لأن هذه الكائنات تنمو بطريقة تعتمد على تكون مجموعة من الخلايا ناتجة عن انقسامات متتابعة لخلية مفردة. إن الطفرات المناسبة يمكن أن تتكاثر بسرعة جدا. إن المعرفة التى لدينا عن مفصليات الأرجل، تدعم بمعنى ما الفرضيات الاجتماعية - البيولوجية. وإذا أردنا الإقرار أن الفكر هو العلاقة التكيفية مع الوسط، فإن كل الكائنات إذن من حيوانات ونبات تفكر.

لدى الفقريات، وعند أعلى نقطة منهم لدى الإنسان الحديث (Homo sapiens)، يعدل الوسط البنية والتركيب. إن جيناتنا هى التى تجعلنا بشرًا، وهى تمنحنا حرية كبيرة جدا بالنسبة للوسط. إن التطور انتقى استراتيجية نمو تجعل كل فرد يستطيع أن يتغير ويتطور خلال حياته، وأن يستفيد من حرية تخلق متعاقب كبيرة جدا. إنها إحدى قواعد نجاح تكيف الجنس البشرى، مع أن، ودون الرغبة فى التشاؤم، بعد ٢٠ ألف عام بالكاد من الوجود، لا نعرف إلى ماذا سيقود هذا التحسن غير العادى للآليات الخاصة بالتخلق المتعاقب.

أخيرًا، نستطيع أن نتكيف بواسطة التفرد، أى ما يميز فردًا عن آخر، لكن يمكن أن نتكيف أيضا باختراع حيل مثل الثقافة، التى تمثل مع الذاكرة الوراثية والذاكرة الفردية، الشكل الثالث والأخير للذاكرة التى يمكننا الرجوع إليها للتفكير فى الكائن الحى.

تطور الذكاء لدى الطفل[١٦]

بقلم: أوليفيه هوديه

Olivier HOUDE

ترجمة: لبنى الريدي

لقد تمسك فرنسوا جاكوب (François Jacob)، في درسه الافتتاحي، بتوضيح أن الحياة تطور، تنظيم للمادة، وأنها لا توجد ككيان مستقل يمكن تمييزه في حد ذاته (مادة ما خاصة أو قوة حيوية). وطبقًا لنفس المنطق، تعتبر العلوم الإدراكية المعاصرة، خاصة علم النفس التجريبي وعلوم الجهاز العصبي، أن الذكاء ليس سوى تطور، تنظيم للمادة (الجسم، المخ) والحياة.

لكن الأمر لم يكن كذلك دائمًا في تاريخ الأفكار. من المعروف أن رينيه ديكارت(René Descartes) (١٦٥٠ – ١٥٩٦) رد على سؤال"من أين امتلكنا هذا الكنز الثمين ألا وهو الذكاء؟" قال بوضوح بدا وكأنه ملزم به، "إن الله أودع في ذهننا، منذ الميلاد، أفكارا منطقية – رياضية واضحة ومتميزة، وهي نواة الذكاء البشري". بعد أربعة قرون، وفي عام ٢٠٠٠، ما هي الإجابة الدقيقة التي يقدمها العلم على هذا السؤال؟

يوجد بيننا وبين ديكارت حدثان رئيسيان يتعين أخذهما في الاعتبار. أولا إدخال شارل دارون (١٨٨٢ – ١٨٠٩) لفكرة التطور التدريجي للذكاء الحيواني والبشري (من خلال علم تكون الأنسال وتطورها، أو تطور الأنواع)، حيث تتشابك المادة والحياة والفكرة – مستبعدًا الله من هذا التوضيح. ثم بعد ذلك تم استعادة هذه

---

(١٦)نص المحاضرة رقم ٢٥ التي ألقيت في إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٥ يناير ٢٠٠٠.

الفكرة فى دراسة تطور الكائن الفرد (إن الذكاء ينبنى تدريجيا من الطفل حتى البالغ) بواسطة جون بياجيه (Jean Piaget) (١٩٧٨٠ – ١٨٩٦)، فى علم نفس الطفل، وبواسطة جون شانجيه (Jean-Pierre Changeux)، فى علم بيولوجيا الأعصاب (neurobiologie)، مع "الدارونية العصبية – العقلية".

طبقًا لبياجيه (Piaget)، يتميز تطور الذكاء لدى الطفل، مثل تاريخ العلوم، بسلسلة متوالية من عمليات التنسيق الإدراكية الجديدة، يحدد كل منها طورًا من الأطوار. إن الأمر يتعلق بمراحل، محددة بالسنوات والشهور، لبناء تركيبات منطقية – رياضية متزايدة التعقيد، خاصة بالشىء المحسوس، والعدد، والتصنيف (التبويب)، والتفكير. إن هذا المفهوم خطى وتراكمى بصرامة، حيث إنه مرتبط بشكل منهجى بفكرة الاكتساب والتقدم: من الذكاء الحسى – الحركى للطفل (اتجاهات وأفعال) إلى الذكاء التصورى والمجرد لدى الطفل والمراهق.

فى الواقع، توضح المعطيات التجريبية الحالية أن الأمور لا تتم بهذا الشكل. من ناحية، يوجد سابقًا لدى الطفل إمكانات إدراكية معقدة بما يكفى (معارف مادية، ورياضية، ومنطقية) تجاهلها بياجيه (Piaget)، ولا يمكن حصرها فى مجرد نشاط حسى – حركى. ومن ناحية أخرى، إن سلسلة تطور الذكاء، حتى سن البلوغ، بما فى ذلك سن البلوغ، محفوفة بالأخطاء، وبالانحرافات الإدراكية، وبحالات تفاوت غير متوقعة، وأيضا بحالات نكوص إدراكى ظاهرى. وبالتالى، فإن الذكاء بدلا من أن يتبع خطة أو خطا حسيا – حركيا مجردًا (أطوار بياجيه Piaget)، فإنه يتقدم بطريقة غير منطقية تمامًا! لكن يجب أن يتطابق هذا الشكل من التطور مع منطق عصبى وإدراكى فى المخ البشرى. ما هذا المنطق؟

إذا كانت معاينة قدرات مبكرة لدى الطفل تقود إلى التحقق من الطابع الفطرى لبعض هذه القدرات (دون أن يكون الأمر متعلقًا بهبة من الله كما كان ديكارت يؤكد)، فإنها تؤدى أيضا، وبشكل خاص إلى الأخذ بعين الاعتبار فكرة

آليات التفكير المادى، والعددى، إلخ، المرتبطة بملكة تمهير[١٧] مبكرة جدا عن طريق الإدراك الحسى، خاصة البصرى، أو عن طريق عمليات المزاوجة بين إدراك حسي وفعل (وهى ملكة لدى الطفل البشرى، يشاركه فيها، بالنسبة لبعض الجوانب، الرئيسات[١٨] غير البشرية كما توقعها دارون). وعملية البناء الإدراكى – التى هى بلا شك تصورية أو سابقة للتصور – هى فى الواقع أسرع بكثير مما تصور بياجيه (Piaget).

لكن ما هو أساسى لا يكمن هنا. فبغض النظر عن آليات مخ الإنسان الفطرية، وقدراته القوية على التمهير، والتفكير والتجريد، إلخ، فإن ما يثير الاهتمام أكثر، هو أن المخ، بشكل ما، عبارة عن غابة تكون فيها القدرات المتعددة للوليد، والطفل، والبالغ، قابلة فى أية لحظة أن تتداخل، وأن تدخل فى تنافس (فى الوقت الذى تبنى فيه نفسها): ومن هنا تأتى الأخطاء، وحالات المراوغة والتفاوت غير المتوقعة (تمامًا مثلما فى تاريخ العلوم والعلماء!). وينتج عن ذلك – لكى يكون المرء ذكيا ــ ضرورة وجود آلية حصر قوية بالقدر نفسه: الكبح. "أنا أفكر، إذن أنا أكبح"! (وليس فقط، كما اقترح بياجيه (Piaget)، "أنا أفكر، إذن أنا أنشط وأنسق").

حاليًا، تعتبر آلية الكبح هذه، فى إطار تطورى، كعنصر رئيسى للتكيف السلوكى والإدراكى الذى أدى إلى الإنسان الحديث (Homo sapiens)، شكل من أشكال "لوغاريتم دارون". وعلى مستوى تطور الكائن الفرد الخاص بالطفل، يجب أن تصبح هذه الآلية فعالة من جديد أيضا – وتظل كذلك لدى البالغ – من أجل مجالات بناء الشيء المحسوس، والعدد، والتصنيف والتفكير.

بالتالى، فإن إحدى الطرق الحالية لمحاولة اكتشاف سر الذكاء، هى دراسة

---

(١٧)طريقة تتيح إقامة علاقات بين عدد من المنبهات والاستجابات فى الكائنات الحية ينتج عنها اكتساب مهارات خاصة للتكيف مع البيئة. (المترجم)

(١٨)رتبة من الثدييات منها البشرية والقردية. (المترجم)

دور الكبح كآلية انتقاء، وذلك ابتداء من الوليد إلى البالغ. وبما أن العلاقة تفعيل/كبح هي منطق نشاط عصبي وكذلك إدراكي، فإن التقنيات المستخدمة هنا هي تقنيات علم نفس تجريبي وبيولوجيا بشرية في آن واحد (التصوير الدماغي الوظيفي). ونقدم هنا مثالين: العدد عند الوليد والطفل، والتفكير المنطقي لدى البالغ.

طبقًا لبياجيه (Piaget)، قبل بلوغ مفهوم العدد، يجب أن يكون الطفل قد تحكم في بعض القدرات مثل قدرات التصنيف، والتضمين، والتسلسل (السمات الأصلية والترتيبية للعدد). عندئذ يستطيع النجاح في الاختبار المسمى "حفظ العدد". في هذا الاختبار، الذي يقدم تداخلا بين العدد والطول (مع صفين من الأشياء لهما نفس العدد لكن أطوالها مختلفة بعد إبعاد أحدهما)، فإن الطفل حتى ٦–٧ سنوات يعتبر أن "طول = عدد"، إذن" لا يعد هناك سؤال عن الأطوال"! وذلك يعني، طبقًا لبياجيه (Piaget)، أن طفل مدرسة الحضانة لا يزال حدسيا، بمعنى أنه "أسير" لإطار الإدراك الحسي. ولا يصبح "حافظًا"، وهو معيار بلوغ مفهوم العدد، إلا عند سن ٦–٧ سنوات.

ومن ثم، يكون تطور الذكاء هنا طويلا وشاقا: يتعين انتظار "سن التمييز" العزيز على الفلاسفة. لكن الاكتشافات الأكثر حداثة لباحثة أمريكية في مجال علم النفس، هي كارين وين (Karen Wynn)، والمنشورة في مجلة نيتشر (Nature) عام ١٩٩٢، طرحت مجددًا بقوة مسألة البروز (المبكر أو غير المبكر) لمفهوم العدد. وتبين أبحاثها أن الأطفال، منذ الشهر الرابع والخامس، الذين تم ملاحظتهم على مستوى نظرتهم (تسجيل أزمنة التثبيت البصري) قادرون على اكتشاف الإخلال بالعدد أو "الحفاظ" عليه عندما تقدم لهم أحداث رقمية مستحيلة، أي سحرية، أو ممكنة (بدون الفخ الإدراكي الحسي للطول الذي أدخله بياجيه Piaget). طبقًا لوين (Wynn) تفترض هذه النتائج أن الوليد يملك أصلا مفاهيم رقمية حقيقية (مع ترميز لغوي لعلاقة الترتيب) – وهو ما كان لا يمكن لبياجيه (Piaget) أن

يتصوره! من المعروف أيضا، منذ قليل، أن قرود بندر (rhésus) لـديهم قـدرات عددية دقيقة حتى رقم ٩.(١٩)

من ناحية أخرى، لقد أوضحت أبحاثنا، المنشورة عـام ١٩٩٧ فـي مجلـة Cognitive Development، انطلاقًا من تجربة وين (Wynn) بعد تكييفها علـى المستوى الشفوى، أن صغار الأطفال من سن ٢ إلى ٣ سنوات، الذين تم مـراقبتهم فى دور الحضانة، كانوا أقل كفاءة للتفكير على العدد عبر اللغة هذه المرة مما كان عليه المواليد فى سن ٤–٥ أشهر! (إنهم يقترفون أخطاء لا يفعلها الولدان فى ردود أفعالهم البصرية). كل شىء يحدث كما لو أن البداية الأولى (٢–٣ سنوات) للتمهير على المفردات اللغوية للأعداد، وعلى التمييز اللغوى مفرد/جمع (الذى يقابل العـدد ١ بجميع الأرقام الأخرى المقدرة إجمالا) تقود إلى تفاوت فـى الأداء، ونكـوص إدراكى، مما يمنع الحكم الرقمى الصحيح والدقيق (من هنا يكون الانطباع الخاطئ لدى المعلمين، فى مواجهة الطفل فى هذه السن، أنهـم لاحظـوا البدايـة الأولـى لاكتساب العدد!). فى الجانب المقابل، يبدو أنه بعد إعادة بناء إدراكيـة (أو إعـادة تكوين المفهوم وتصوره)، يستعيد الأطفال الذين فى سن من ٣–٤ سنوات، الذين تم ملاحظتهم فى دار الحضانة، عبر اللغة، مستوى أداء المواليد فى سن ٤–٥ أشهر، (مع، فى هذه الحالة، إمكانية تدليل عددى).

لكن كيف إذن يمكن تفسير أنه إذا أجرينا تداخلا بين العدد والطـول (صـفان من الأشياء عددها واحد لكن أطوالها مختلفة)، مثلما فعـل بياجيـه (Piaget)، فـإن هؤلاء الأطفال أنفسهم يكونون مجددًا فى موقف فشل، ويصبحون حدسيين، وإدراكهم حسى، معتبرين أن العدد أكثر حيث الطول أكبر؟ إن تقنيات علم الـنفس التجريبـى تسمح الآن بإثبات أن اختبار بياجيه (Piaget) يختبر قبل كل شىء القدرة على كـبح

(١٩)فى الواقع، لقد بينت بيانات Brannon & Terrace المنشورة فى مجلة Science عـام ١٩٩٨ (عـدد ٢٨٢ صفحات ٧٤٦–٧٤٩) القدرة غير الشفوية لقرود بندر على الترتيب الدقيق لمجموعـات رقميـة من١ إلى ٩ أشياء، بصرف النظر عن مميزاتها المادية من حيث الحجم، والشكل، واللون.

الإستراتيجية البصرية الفراغية "طول = عدد" (استكشاف للتكميم الإدراكى وهو غالبًا ما يكون مناسبا ويظل البالغ يستخدمه) وليس القدرات العددية فى حد ذاتها. إذن، يكون تطور العدد أسرع بكثير، وفى الوقت نفسه أكثر تعقيدا فيما بعد (تنافس بين إستراتيجيات) مما تصوره بياجيه (Piaget). وفيما وراء المهارات المبكرة فى المواقف المثلى (أبحاث وين (Wynn) عن الوليد)، لا يتوقف كون المرء ذكى على "إعادة بناء عبر اللغة" (reformater) فقط، لكنه يتوقف أيضا على الكبح.

ويمكن أن نبين إن ذلك يظل صحيحًا أيضا لدى المراهقين والبالغين عند مواجهتهم لمشكلات تفكير منطقى، فإنهم يعودون مثل الطفل الصغير، يعتمدون على الحدس والإدراك الحسى – على نقيض الذكاء المجرد والمنطقى – الرياضى الذى وصفه بياجيه (Piaget) لهذه المرحلة الأخيرة من التطور. وهكذا، فإن خطأ تقليديا فى المنطق (أكثر من ٩٠ ٪ من الإجابات)، بينه العالم النفسى الإنجليزى جوناثان إيفانس (Jonathan Evans)، هو انحراف للاقتران الإدراكى الذى يؤثر على التفكير حين القيام بمهام تفنيد أو تحقق من قواعد شرطية. بالنسبة لمثال قاعدة التفنيد" إذا لم يكن هناك مربع أحمر على اليسار، فيوجد إذن دائرة صفراء على اليمين"، يكمن هذا الانحراف فى تفضيل العناصر المذكورة فى القاعدة المعنية (ومن ثم تكون الإجابة الخاطئة "مربع أحمر على اليسار، دائرة صفراء على اليمين"، مقدمة خاطئة وتال صحيح: FV خ ص) وإهمال العناصر المتعلقة منطقيا بالموضوع (موقف من نوع VF ص خ: على سبيل المثال، مربع أزرق ومعين أخضر) حيث إنها غير مقترنة لا بالمقدمة ولا بالتالى. إن أبحاثنا فى مجال علم النفس التجريبى والتصوير الدماغى الوظيفى، التى ستنشر قريبا فى مجلة Journal of Cognitive Neuroscience (بالتعاون مع فريق البروفسير برنار مازوييه (Bernard Mazoyer) والدكتورة ناتالى تزوريو – مازوييه (Nathalie Tzourio-Mazoyer) من جامعة Caen وCEA وCNRS)، تشير إلى أنه بعد تمهير على كبح انحراف الاقتران الإدراكى، يعطى الأشخاص الذين تم سؤالهم (أكثر من ٩٠٪) إجابة منطقية (إستراتيجية تحليل أخرى متاحة فى الذاكرة). وبالإضافة إلى

حقيقة أن الكبح يجعلهم يغيرون جذريا طريقة التفكير عند "تكون صغير" (أى قبل وبعد التمهير)، فإن الأكثر إثارة للاهتمام يرجع إلى أنه يحدث فى آن واحد "انقلاب دماغى" حقيقى للجزء الخلفى للمخ (شبكة إدراكية جوفية وظهرية فى آن واحد) إلى الجزء الأمامى: شبكة أمامية جبهية.

يمكن الاعتقاد أن مثل هذه الديناميكية العصبية والإدراكية يجب أن تكون فى قلب ما يحدث فى تطور الذكاء لدى الطفل (إثبات ذلك بواسطة تقنيات التصوير الدماغى)، فيما يتعلق ببناء الشىء المحسوس، والعدد، والتصنيف، إلخ، فى كل مرة تطرح فيها مشكلات انتقاء إستراتيجيات فى الذاكرة: على سبيل المثال، كبح الإستراتيجية الإدراكية غير الملائمة "طول = عدد" فى مهمة بياجيه (Piaget). ومع العلم بأن الحجم النسبى للقشرة الأمامية الجبهية هو الأكبر لدى البشر، وأنه يتناقص على التوالى لدى الرئيسات الأخرى، وآكلات اللحوم، والقوارض، يمكننا أيضا أن نعتقد أن هذه الديناميكية الخلفية - الأمامية، دليل الكبح السلوكى والإدراكى، لابد أنها لعبت دورًا رئيسيا فى التطور (لمادة الذكاء) الذى قاد إلى الإنسان الحديث (l'homme moderne).

المراجع

1. Piaget (J.), Inhelder (B.), *La Psychologie de l'enfant*, Paris, PUF (Que sais-je ?), 1966.

2. Houdé (O.), « Développement cognitif » *in* Houdé (O.) et coll., *Vocabulaire de sciences cognitives*, Paris, PUF, 1998.

3. Houdé (O.), *Rationalité, développement et inhibition : Un nouveau cadre d'analyse*, Paris, PUF, 1995.

4. Wynn (K.), « Addition and Subtraction by Human Infants », *Nature*, n° 358, 1992, p. 749-750.

5. Houdé (O.), « Numerical development : From the infant to the child. Wynn's (1992) Paradigm in 2- and 3-year-olds », *Cognitive Development*, n° 12, 1997, p. 373-392. Voir aussi : Houdé (O.), « De la pensée du bébé à celle de l'enfant : l'exemple du nombre » *in* Dortier (J.-F.) (Ed.), *Le Cerveau et la pensée*, Auxerre, Sciences Humaines Éditions, 1999.

6. Evans (J.), *Biases in Human Reasoning*, Hove and London, Erlbaum, 1989.

7. Houdé (O.), Zago (L.), Mellet (E.), Moutier (S.), Pineau (A.), Mazoyer (B.), Tzourio-Mazoyer (N.), « Shifting from the perceptual brain to the logical brain : the neural impact of cognitive inhibition training », *Journal of Cognitive Neuroscience* (à paraître), 2000.

الشيخوخة وهرمونات الستيرويدات[٢٠]

بقلم: إتيين – إميل بولييه

Etienne-Emile BAULIEU

ترجمة: لبنى الريدى

إن العلماء فى مقدمة من يعرفون أنهم لا يسيطرون على كل المعارف. وأزعم أنى واحد منهم بالرغم من أنى طبيب من حيث إلتأهيل والتفكير، وهو ما يجعلنى أحب فى آن واحد العلم الأساسى، والبحث النظرى، والعلم الذى يطبق، بشكل خاص، على مشكلات الصحة وبالتالى المجتمع بالكامل.

سوف نتناول بالبحث الـ" ستيرويدات " (stéroïdes). يتم دراسة هذه الجزئيات فى إطار الأبحاث الخاصة بالسرطان والالتهاب، والجهاز الدورى، القلبى – العرقى، (cardio-vasculaire) والضغط العصبى، إلخ، والأبحاث الخاصة ببداية الحياة، والحمل والشيخوخة. وسوف نتناول هنا الموضوع الأخير. إن وجهة النظر التى سنعرضها لها عواقب ملموسة لعلاج الأمراض المرتبطة بالشيخوخة. وسيناقش جزء من هذا العرض بعض المسائل المتعلقة بطول عمر الإنسان بشكل عام، وسيقدم جزء آخر اكتشافات حديثة لمعملنا تتناول علاج فقد الذاكرة، المرتبط بسن الحيوان.

الستيرويدات[٢١]

إن كلمة" ستيرويد" مشتقة من الكولسترول. ويتم توليف بعض الهرمونات

---

(٢٠)نص المحاضرة رقم ٢٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٦ يناير ٢٠٠٠.

(٢١)مركبات شبيهة بالكولسترول. (المترجم)

انطلاقًا من الكولسترول، هرمونات جنسية مثل التستوسترون للذكور، والاستراديول (oestradiol) للإناث والجسفرون (progestérone) لإتاحة الحمل، وهرمونات الأيض التي تسمى كورتيكوستيرويد (corticostiroide) مثل الكورتيزول (cortisol). إن إنتاج هذه الهرمونات في الغدد الكظرية والمبايض والخصية يمر بمواد وسيطة، هي الـDHEA ، والبرنينولون (Prégnènolone) وفقًا للحالة. إن آلية عمل الستيرويدات معقدة ومركبة، ومتعددة ومتنوعة بشكل كاف لكي تتمكن من التدخل في العديد من الظواهر الفيزيولوجية (وظائفية). ولكل هرمون مستقبل خاص به ويعمل على جينات محددة.

الشيخوخة

إن الشيخوخة موضوع اهتمام عام، قد يكون أقل تقنية من الكيمياء الحيوية للسترويدات، لكنه صعب جدا على المستوى العلمي. يعرف الجميع أن معدل العمر يزيد. إن ذلك صحيح بالنسبة للرجال والسيدات الذين ولدوا منذ عام ١٩٤٥، لكنه صحيح أيضا لمن بلغوا ٦٠ عامًا في الستينيات من القرن العشرين، ولا يزالون يتقدمون في العمر باطراد. من المعروف أن السيدات يعشن أطول من الرجال، لكن لم يفهم بعد حقا السبب في ذلك.

إن علم دراسة الشيخوخة (géronologie) هو الأساس لطب الشيخوخة. من ناحية، يوجد تشابه بعض الشيء بالنسبة للأطفال: فهناك بيولوجيا النمو وطب الأطفال.

إن طول العمر الذى نناقشه هنا ليس طول العمر الأقصى في نوع ما، لكن متوسط طول العمر، أي متوسط معدل العمر. في الواقع، تشير مقارنة معدل العمر مع الناتج القومي الإجمالي أي ثروة البلدان، سواء كان لديها اقتصاد سوق أو اقتصاد تحول، أو كانت بلدانا نامية أو من البلدان الأكثر فقرًا، تشير المقارنة إلى أنه من الأفضل ألا يكون المرء فقيرًا لكي يعيش طويلا...

فى فرنسا، كان نصف النساء وخمس الرجال عام ١٩٩٨ يبلغون الخامسة والثمانين ويتجاوزونها. ونصف الفتيات اللاتى ستولدن هذا العام، عام ٢٠٠٠، سيبلغن المائة عام. ومن ثم تتغير بنية وتركيب السكان بالكامل. وسوف يستمر هذا التغير كما توحى بذلك عملية رصد غير عادية، أجريت خلال العامين أو الثلاثة أعوام الأخيرة: لا يزيد معدل الوفيات البشرى كل عام بعد سن الثمانين. بمعنى آخر، يعلم الجميع مثلا، أن احتمالات الوفاة عند سن الخامسة والسبعين أكبر بكثير عنها عند سن الخامسة والستين. لكن بعد الثمانين، يبقى احتمال الوفاة بالنسبة للسنة التالية ثابتًا، وبعد مائة عام ربما يكون معدل الوفيات أقل قليلا: هناك تباطؤ فى تواتر الوفيات عند هذه الأعمار المتأخرة. من الواضح أن عدد المتقدمين جدا فى العمر سيزيد فى المجتمع بشكل مطرد. ففى الفترة من عام ١٩٠٠ إلى ٢١٠٠، سيزيد عدد سكان العالم من ٦ر١مليار نسمة إلى أكثر من ١١ مليار نسمة، مع تعديل كبير فى بنية الأعمار. ففى القرن الواحد والعشرين سيكون أكثر من ربع سكان الأرض قد تجاوزوا سن الـ٦٥.

لماذا نشيخ؟

قد قال بيرل (Pearl) إن الشيخوخة ترجع أساسًا لاستهلاك الأكسجين للحصول على الطاقة الضرورية لكل أنشطتنا، وهو ما يؤدى إلى تكون المجموعات الذرية الحرة، والتى تتكون بنسبة ٢% تقريبًا من الاستهلاك الكلى. وتشير النظرية إلى أن المجموعات الذرية الحرة سامة، وبالتالى سيكون كافيًا، على سبيل المثال، تقليل الأكسدة لكى يعيش المرء مدة أطول، أو استخدام أدوية ومضادات أكسدة، وأنزيمات مضادة للمجموعات الذرية الحرة إلخ. وتبين التجربة أن هذا المبدأ ليس كافيًا بالمرة لتفسير الشيخوخة.

إن ثمة نظرية أخرى تتبع عن النظرية العامة للتطور. إن الحيوانات، لكى تجعل نوعها يبقى، تعيش حتى نهاية فترة نشاط التكاثر الخاصة بها، ويمكنها

الموت مباشرة بعد ذلك. إن النساء، مثلا تتجاوزن بشكل كبير هذه السن، حيث يكون سن انقطاع الطمث عند سن الخمسين تقريبًا، بل وتعشن حتى سن المائة، أى مرتين أكثر. لقد فاز الجنس البشرى تمامًا على "الطبيعة" فى مجال طول العمر. إن طول العمر، هو الزمن، بينما الشيخوخة هى التلف الذى يحدث على امتداد مدة الحياة. يمكن أن يكون هذا التلف ذو طابع وراثى، أى مبرمج بل ومثبت مسبقا، أو قد يرجع أساسًا إلى ما يطرأ أثناء الحياة ويأتى من الخارج، أى من البيئة. إن الأكسدة المتلفة، التى سبق ذكرها، هى إحدى سمات تأثير البيئة على البيولوجيا الخاصة بنا. عند بعض المرضى الذين لا يعيشون طويلا مثل من يعانون من مرض فرنر (Werner) (نوع من "القزمية" progéria)، وهو أعراض متلازمة لمرض شيخوخة قبل أوانها، يتم وصف تلف وراثى محدد على مستوى جينة معينة تقوم بإصلاح الدنا (AD N) بشكل سيئ. هل هى جينة الشيخوخة أو إحدى جيناتها؟ فى الواقع، إذا نظرنا للموضوع من قرب، فإن الأمر لا يتعلق بشيخوخة طبيعية، لأن هؤلاء الأشخاص المصابين بمرض فرنر (Werner) لا يعانون من ارتفاع ضغط شريانى ولا يصابون بمرض ألزهايمر، وليس لديهم الأورام السرطانية نفسها التى تصيب الأشخاص "الطبيعيين" مع السن. بمعنى آخر، إنها شيخوخة بالطبع، لكنها غير طبيعية، إنه خلل وظيفى وراثى غريب لا يفسر إذن الشيخوخة بشكل عام.

غير أن الدراسات التى أجريت على دودة من فصيلة الخيطيات، وعلى ذبابة الدروسوفيل (ذبابة الخيل) توضح أن بعض الجينات، إذا تم إصلاحها ومعالجتها بتقنيات علم الوراثة الجزيئية، تؤدى إلى تعديل فى طول العمر. إن تحليل تركيب البروتينات التى تقوم هذه الجينات بتشفيرها يبين أن الأمر يتعلق ببروتينات معروفة سلفًا، وموجودة لدى كل الكائنات الحية، من الديدان حتى البشر مرورًا بالذباب، وهى تلعب دورًا فى الأيض. وتكون هذه الجينات مهمة جدا، لدى حيوان عدد جيناته محدود: إذا قامت بوظيفتها بشكل أفضل فإن هذا الحيوان يعيش عمرًا أطول، والعكس صحيح إذا كانت ذات نوعية أقل. إذن فالأمر ليس تفسيرًا يتعلق

بساعة وراثية، نوعية، متصورة سلفا ولا تتأثر بالبيئة، إنه تفسير لآلية تستطيع البيئة أن تؤثر من خلالها على طول أعمارنا. إننا نعيش، بالطبع، فى إطار محدد وراثيا، لكنه مجرد إطار، يوجد داخله إمكانيات متنوعة، بما فى ذلك طول عمر مختلف. بهذا المفهوم، يكون للبيئة، أى البرد، والحر والريح، والمطر، والصدمات، والتغذية مختلفة الأنواع، والانفعالات، والحياة الاجتماعية، والشخصية،... إلخ تأثير على أجهزة التنظيم الحيوية الخاصة بنا، وهى شديدة التعقيد، وتعمل بطبيعة الحال بفضل نشاط العديد من الجينات - إنها بالطبع إذن شبكة متعددة الجينات. يمكن طبيا أو علميا أو من خلال ظروف الحياة، تعديل سمة أو أخرى من نشاط هذه الأجهزة، وطبقًا لأوجه النقص، أو الإسهامات، أو الصعوبات أو المتع، يكون من الممكن تعديل طول العمر.

مظاهر طبية عند الشيخوخة

تطرح الشيخوخة العديد من المشكلات. يمكن أن يصبح المرء معتوهًا، أى لا يعد موجودًا تمامًا من الناحية العقلية، أو يصاب فقط بالاكتئاب أو يغدو واهنًا، حيث تتناقص قوة العضلات، وتصبح العظام هشة، الخ. إذن هناك سلسلة كاملة من المتغيرات "الطبيعية"، بالإضافة إلى كثرة الأمراض النوعية.

إن البحث الطبى المتعلق بالشيخوخة ليس سهلا، بل هو صعب. فمن ناحية، تكون الفائدة التى يجنيها المتطوعون المسنون الأصحاء، من المشاركة فى الدراسات قليلة نسبيا، نظرًا للامتداد المحدود لوجودهم ذاته. ومن ناحية أخرى، يجب أحيانًا مطالبة الأسرة بالموافقة الضرورية، وهو أمر غالبًا ما يكون صعبًا. فضلا عن ذلك، يكون شبه مستحيل فى أغلب الأحيان اقتراح قواعد عامة، لأن هناك أناسًا لهم نفس السن ولكنهم مختلفون جدا تبعًا للحياة التى عاشوها، والسن، والجنس والأمراض ومكان السكن، والأنشطة،... إلخ.

هناك العديد من الأسئلة التى لم تحل بعد:

لماذا تعيش النساء أطول من الرجال بحوالى سبعة، أو ثمانية أو تسعة أعوام فى ظل ظروفنا فى الغرب؟ وفى إفريقيا يكون الفرق عامًا أو عامين لأن كثيرًا من النساء يمتن أثناء الحمل والولادة نظرًا لنقص العناية... كما كان يحدث عندنا فى القرن التاسع عشر. قد يرجع السبب فى هذا الفرق إلى إنهاك الجسم الذكرى بواسطة الهرمونات المنشطة للذكورة (androgènes)، لأن هذه الهرمونات قد تؤدى إلى المزيد من الأضرار للأوعية الدموية والقلب، على نقيض هرمونات الأنوثة (oestrogènes) الواقية، لكن لم يتم إثبات ذلك بعد.

لماذا يعانى المسنون من السرطان أكثر من الشباب؟ لماذا تنخفض الوظائف المناعية؟ إنها أسئلة عديدة بلا أجوبة. ويمثل السقوط جزءًا من الأخطار التى تترصد المسنين. وهى ترتبط بضعف الجهاز العصبى، وعدم الكفاية العضلية، ويتعقد الموقف نظرًا لهشاشة العظام، إلخ. ويتعين على التقدم الطبى أن يسهم فى تقليل هذه الأمراض المرتبطة بالسن.

الهرمونات والشيخوخة

تتدخل بعض الهرمونات أثناء الشيخوخة. من بين هذه الهرمونات الأنسولين. يعانى كل شخص تقريبًا وهو يتقدم فى العمر من مرض السكر بقدر ضئيل. كما يمكن أن تتميز الشيخوخة بانخفاض هرمون النمو، والهرمونات الجنسية، الذكرية (أندروجين androgène) والأنثوية (أستروجين oestrogène). ويخلق سن اليأس عند النساء مشكلات مهمة يجب معالجتها، ونعرف حاليًا أن نقوم بذلك جزئيا، عن طريق إعطاء ستيرويدات تخليقية، هرمونات الأستروجين (oestrogènes) التى تساعد العضلات وبشكل خاص العظام على أن تكون أكثر متانة، وتحسن حالة الجلد والأغشية المخاطية التناسلية، ومن ثم تجعل الحياة الشخصية أكثر لطفًا. كما أن لهذه الستيرويدات التخليقية خواصا حامية للجهاز العصبى. فى فرنسا منذ حوالى خمس أو ست سنوات، كانت نسبة السيدات اللاتى

تجاوزن الخمسين ويتناولن الهرمونات لا تتعدى بضع فى المائة. حاليًا بلغت النسبة ما بين ٢٠% و ٣٠ %، ويمكن أن نأمل فى خفض عـــدد مـــن أمـــراض القلـــب والأوعية الدموية والأمراض الخاصة بتدهور الجهاز العصبى وانحطاطه. إن ســن اليأس عند الرجال، يتميز بانخفاض وظائف الخصية تدريجيا وبشكل غير متــساو تبعًا للأفراد، على عكس سن اليأس عند النساء. وليس من السهل تناول هرمونـــات الذكورة (أندروجين androgènes) لتعويض انخفاض التستوسترون، إن وجد، لأنه يمكن أن يسبب بعض الأضرار.

أما فيما يتعلق بالهرمونات الكظرية سواء لدى الرجـــال أو النـــساء، فـــان الكورتيزول (الكورتيزون الطبيعى كرد فعل للضغط العصبى) يحتفظ بمستوى ثابت مع السن، بينما الــ DHEA تقل مع نقص الوظـــائف الكظريـــة (adrénopause). يوجد إذن عدم توازن. ويتم على مستوى المخ تحديد أهمية تكـــوين الكـــورتيزول، وتؤدى الزيادة النسبية للكورتيزول عند الشيخوخة إلى تبدل دماغى مـــع علامـــات نقص مناعى، وهزال عضلى وهشاشة عظام، وميل إلى مرض السكر، وذلك عـــن طريق عمليات ضبط سلبية لرد الفعل الارتجاعى (feed back)، والتحكم الرجعـــى (rétrocontrole).

الــ DHEA

هناك الــ DHEA "الحر" وكبريتات الــ DHEA (DHEAS). إن ذلك مهم جدا لأن وظيفة الاستر[٢٢] تعدل تمامًا أيض الــ DHEA والفيزيولوجيا الخاصـــة بها: يتم تكون الــDHEAS على المستوى الدماغى ويكـــون نـــشطًا عنـــد هـــذا المستوى. إن الــ DHEA التى تمتص تصبح DHEAS فى الكبـــد. وبالتـــالى، لا يحتاج الأمر أخذ كبريتات الــ DHEA لرفع نسبة الــ DHEAS المنخفضة إلـــى مستوياتها الطبيعية: الــ DHEA تكفى. فـــى جميـــع الأعمـــار، يكـــون تركيـــز

---

(٢٢)ملح عضوى يتولد من فعل أحد الأحماض فى الكحول. (المترجم)

الــDHEA فى الدم لدى السيدات أقل بحوالى ٣٠% عنه عند الرجال. ومع الــسن يحدث انخفاض كبير، ومنتظم، عند الجنسين، بحيث تكون نسبته فى سن الــسبعين ١٠% أو ٢٠% فقط من النسبة المرصودة فى السن من ٢٠الى ٣٠ عاما. وهنــاك سؤال مطروح هو هل من المفيد استعادة هذا المستوى الشاب، بمعنى أخــر، هــل يتعين تجديد شباب نسبة الهرمونات؟

إن للــ DHEA أيض معقد بما فيه الكفاية. فهى تنــتج مــن الكولــسترول ويمكن أن يتم تحولها جزئيا عن طريق الأيض إلى هرمونات ذكرية (أنــدروجين) وهرمونات أنثوية (أستروجين). إن أشكال الــ DHEA الحرة والكبريتات فى حالة توازن. يمكن للــ DHEA ولكبريتات الــ DHEA الآتية من الدم أن تتحول فــى الكبد والكثير من الأعضاء الأخرى إلى تستوستيرون أو أستروجين، وهى منتجــات فعالة تعدل تخليق البروتينات. فى مجموع الجسم، يوجد إذن ظــاهرة ابتنــاء (أى عملية تمثيل المواد الغذائية وتحويلها إلى أنسجة)، أى عمليات تخليــق عــضوية. بالإضافة إلى ذلك فإن للــDHEA وكبريتاته أنشطة على مستوى الجهاز العصبى. لقد قمنا مع زملائنا فى منطقــة بــوردو، خاصــة البروفــسير ج.ف.دارتجيــه (J.-F.Dartigues)، ببحث فى مجال علم الأوبئة (épidémiologie) عــن نــسب كبريتات الــ DHEA لدى الأشخاص الذين يزيد عمرهم عن ٦٥ عامًــا، وتمــت دراستهم لعدة سنوات. وبعد عامين وأربعة أعوام، كان الرجال المتوفين ضمن من قيست لديهم النسبة الأدنى من كبريتات الــDHEA . ومن ناحية أخــرى، كانــت السيدات اللائى لديهن نسبة كبريتات DHEA منخفضة نسبيا أكثــر اكتئابًــا مــن الأخريات. غير أن هذا النوع من الدراسات لا يثبت علاقة بين المسبب والنتيجــة: إن الأمر يتعلق بحالة ارتباط متبادل. لقد قاد البروفسير صامويل يــين (Samuel Yen)، فى سان ديجو بكاليفورنيا، دراسة عن إعطاء الــ DHEA إلى أشــخاص يتقدمون فى العمر من أجل أعادتهم إلى نــسب دمويــة مــساوية لتلــك الخاصــة بأشخاص شابة. إنه ليس علاجًا بدواء، فهو تعويض عن الذى ينخفض مع الــسن، مثل قليلا ما يتم مع هرمونات الأستروجين عند السيدات اللاتى بلغن سن اليــأس.

إن الرجال والسيدات الذين أخذوا الـ DHEA لمدة ثلاثة أشهر أصبح لديهم إحساس أفضل بالحياة، مقارنة بالذين تناولوا عقارًا لا أثر طبى له (Placebo). وفى باريس أجريت تجربة لمدة عام لتناول الـ DHEA مقابل البلاسبو (Placebo)، وقد أجريت هذه التجربة على رجال وسيدات من سن الستين إلى سن الثمانين. والنتائج حاليًا تحت الطبع. Banlieu E.-E.et collaborateurs, Proc (Natl Acad Sci, n du 13 avri2000.)

الستيرويدات العصبية وإصلاح أنواع التلف التى تحدث على مستوى الجهاز العصبى

إن للستيرويدات نوعين من العمل على مستوى الجهاز العصبى: أعمال غذائية على مستوى الخلايا العصبية وخلايا الموثق العصبى التى تمثل لحمة النسيج العصبى. وأعمال وظيفية معدلة للسائل العصبى. إن الستيرويدات، التى يتم تخليقها تقليديا فى الخصية والغدد الكظرية والمبايض والمشيمة، يتم تخليقها أيضا فى المخ والأعصاب. للانتقال مثلا من الكولسترول إلى البرنينولون (prégnènolone)، يجب توفر الأنزيمات المناسبة، السيتوكروم P450 وهو خضب أساسى للتنفس الخلوى يحتوى على الحديد، ويقع فى الميتوكندريا. لقد تم إثبات ذلك باستخدام أجسام مضادة نوعية وباستعمال طريقة مناعية خلوية. إن خلايا الموثق العصبى، المغذية بشكل ما للخلايا العصبية، تشارك مشاركة كبيرة جدا فى أيض الستيرويدات التى ستعدل نشاط الخلايا العصبية بمعناها الضيق.

إن هرمون الجسفرون (progestérone) هو ستيرويد نشأ من الكولسترول، بواسطة البرنينولون (prégnènolone). ويتكون النخاعين (myéline) فى خلايا شوان (Schwann). وعند قطع محور عصبى على مستوى العصب الوركى فإنه ينمو من جديد فى غضون بضعة أسابيع. وأثناء هذا الوقت، سيحدث فى أول الأمر تحلل لخلايا الموثق العصبى الخاصة بخلايا شوان (Schwann) ثم تتكاثر وتقوم

بتخليق النخاعين (myéline) بعد ذلك. وإذا توقف تكون الجسفرون فى خلايا شوان (Schwann)، فان النخاعين يتم إصلاحه موضعيا، بشكل أبطأ بكثير. والشيء نفسه يحدث إذا تم إيقاف مفعول الجسفرون بواسطة الـــRU486 (عامل مــضاد علـــى مستوى المستقبل)، إذ يكبح ذلك إصلاح النخاعين، بينما تؤدى إضافة زيـــادة مـــن الجسفرون إلى جعل الموقف طبيعيا من جديد. بمعنى آخر، إننـــا نعـــرف كيـــف نساعد، فى الجسم الحى، على إعادة تكوين النخاعين لعصب ما بشكل أسرع، وذلك بمعالجته بالستيرويد العصبى الجسفرون. لقد تم أيضا تسجيل تأثير علـــى مـــستوى المحور العصبى. إنكم تعرفون أن الأعصاب يمكن أن تتلف فى الشيخوخة. وهو ما يعنى المنفعة المحتملة من وجهة النظر الطبية.

الذاكرة

إن الـــ GABA ناقل عصبى، وهو جزئى كيميائى بسيط جدا يعمل فى المخ كمهدئ. إن مركبات البنزو ديازبين تثير نظام GABA، وبالتالى فإن لهـــا أيـــضا تأثير مهدئ. وعلى العكس، تتعارض المنتجات التشنجية مـــع تـــأثير GABA. إن الستيرويدات العصبية قد تشجع عمل الـــGABA أو تعارضـــه، تبعًـــا لتركيبهـــا، بمعنى آخر قد تكون هذه الستيرويدات العصبية مهدئة أو مثيرة. ويجـــرى التحقـــق من هذه الخواص العقاقيرية العصبية عند مستوى الذاكرة.

إننا نستخدم متاهة على شكل Y لقياس ذاكرة الحيوانات، حيث يكون الفـــرع الثالث مسدودًا. يتمشى الحيوان فى الفرعين المتاحين لـــه. ويـــتم تـــسجيل عـــدد الزيارات التى يقوم بها لجانب وللآخر. وبعد فترة تدريب وفسحة للراحة، يتم فـــتح الذراع الثالث. وبالتالى، سيكون الحيوان قادرًا على زيارة الذراعين اللذين يعرفهما بالإضافة إلى الذراع الثالث. وسيكون لديه اختياران: إمـــا أنـــه يتـــذكر الموقـــف الأصلى، أو أنه نسيه. إذا لم يكن لديه ذاكرة، سيبدو الأمر كله جديدا بالنـــسبة لـــه، من ثم فإنه سيزور كل فرع بالتساوى، بنسبة ٣٣% تقريبًا. وإذا كان يتذكر، فإنـــه

لن يهتم مجددا بزيارة الفرعين اللذين يعرفهما وسيفضل الذهاب فى الذراع المفتوح حديثًا. ويمكن بسهولة قياس هذه السلوكيات، وتقدير الكفاءة الخاصة بالذاكرة كميا. هناك تقنية أخرى: إن المتاهة المائية (للعالم الإنجليزى Morris) عبارة عن حوض سباحة قطره حوالى المتر، مملوء بالماء مع قليل من اللبن عند السطح بحيث يصبح الماء غير شفاف. وبالتالى إذا غمرنا منصة على عمق صغير ستكون غير مرئية تحت طبقة اللبن. يسبح الحيوان ولا يرى المنصة، ومن ثم فهو يسبح فى أى مكان بشكل عشوائى إلى اللحظة التى يلمس فيها الحيوان المنصة بالصدفة ويصعد فوقها. لقد لاحظ، على حواف حوض السباحة، إشارات فراغية ذات ألوان وأشكال مختلفة. بعد التدريب، تتوجه الحيوانات التى لديها ذاكرة مباشرة نحو المنصة، والتى ليس لديها ذاكرة تستغرق وقتًا للتوجه إليها وتسبح لمدة طويلة. كل ذلك يتم تسجيله، ويسمح أيضا بتقييم كمى للوظيفة المتعلقة بالذاكرة. تذهب الحيوانات الشابة بسرعة أكبر نحو المنصة من الحيوانات المسنة. إذن، للحيوانات المسنة ذاكرة أقل: غير أنهم مختلفون عن بعضهم البعض (مثل البشر). إن جزءًا من المخ، هو قرن آمون (hippocampe)، له دور أساسى وجوهرى لسير عمل الذاكرة. إن قياس نسبة كبريتات البرنينولون (prégnènolone) فى المناطق المختلفة من المخ لدى الحيوانات المسنة، لا يبين أى اختلاف وفقًا لحالة الذاكرة، باستثناء فى قرن آمون حيث تكون النسبة أكثر ارتفاعًا عند الحيوانات التى لديها ذاكرة أقوى: إذن هناك ارتباط بين تعاظم فقدان الذاكرة وانخفاض كبريتات البرنينولون (prégnènolone).

إن حقن الفئران فى قرن آمون بكميات تساوى حوالى واحد على مليار من الجرام من كبريتات البرنينولون (prégnènolone) تزيد إنتاج مادة الأستيلكولين (acétylcholine). إن الأستيلكولين منتج ضرورى تمامًا للذاكرة. عندئذ تنتقل النتائج الخاصة بالمتاهة التى على شكلY من ٣٣% إلى ٥٥ %. بمعنى آخر، إن بإمكاننا أن نجعل الذاكرة " شابة " للحيوانات الذين شاخوا وفقدوها (وكان لديهم انخفاض فى كبريتات البرنينولون (prégnènolone) فى قرن آمون). سوف ندرس الظاهرة بشكل أكبر من أجل ابتكار عقار نافع لتعويض فقدان الذاكرة لدى الرجل

أو المرأة التى تتقدم فى العمر: إذن فهى وظيفة دماغية يجب أن نتمكن من تحسينها طبيا، كما توحى بذلك هذه التجربة.

الخاتمة

إن الاهتمام بمسائل الشيخوخة هذه يدل على قلق أخلاقى. هناك من يسمون الشيخوخة الطاعون الرمادى. إنه لشىء رهيب جدا. هناك اتجاه شبه عنصرى بتنحية كبار السن جانبا. إن العلماء والأطباء الذين يتناولون الشيخوخة بالبحث، يشعرون بالسعادة لان منظمات دولية مختلفة أعلنت أن حقوق الإنسان تنطبق بالكامل وبدون أى تحريف على قضية الشيخوخة. إن ذلك أساسى حقا، ويجب ألا ننساه. بل ربما يجب أن نستهدف أن تكون الشيخوخة ناجحة. فليس هناك مبرر ألا يتم الاستجابة للمشكلات التى تطرح نفسها نتيجة التقدم فى طول العمر. بالطبع يجب علاج الشيخوخة المرضية، بل وتفاديها.

لكلمة "تقاعد" معنيان. يتعلق الأمر بالطبع بدفع معاش مستحق تمامًا. لكن ذلك يعنى أيضا أن شخصًا ما منسحب، وبشكل خاص منسحب من الحياة الشخصية، والحياة الأسرية، والحياة الاجتماعية، إن هذا التوقف عن النشاط لا يمكن إلا أن يكون ضارا: فهو يؤدى غالبًا إلى حالة مرضية، بينما هناك وسيلة لتداركها. من ناحية، تسمح الثورة الطبية بجعل عدد من علامات سن اليأس تتراجع، وفى الغد ستتمكن من جعل بعض علامات فقد الذاكرة تتراجع أيضا. ومن ناحية أخرى، يجب أن تسمح ثورة الاتصالات للأشخاص المسنين بأن يظلوا فى المجتمع، ليس فقط من أجل الترفيه لكن بالارتباط أيضا بأعمال من أجل البقاء نشطين، وحتى للحصول على أجر أو مكافأة: "يجب إرسال التقاعد إلى التقاعد".

إن معنى ذلك أنه يتعين بالطبع تعويض أشكال العجز بقدر المستطاع، خاصة أشكال عجز المخ، الأساسى تمامًا لاستقلال أى شخص مسن. إنها الموضوعات الكبرى التى يتعين مناقشتها.

فى النهاية، هناك فكرة مهمة جدا. يتكلم الجميع، بطريقة عاطفية وعقلانية فى آن واحد، بشكل إيجابى جدا، عن التضامن. إن التضامن شيء جيد جدا، لكنه مع ذلك غير كاف. إن ما يتعين عمله حاليًا، هو الوقاية من نقص حرية إرادة الأشخاص المسنين أو رد هذه الحرية إليهم، مساهمين بذلك فى كرامتهم الشخصية، وفى اتصالاتهم بأسرتهم والمجتمع، من خلال حياة نشطة ممتدة. إنه هدف جميل فى متناول بلد مثل بلدنا.

الباب الخامس

إلى أين يقود علم الوراثة ؟

تحديد تسلسلات الچينوم البشرى: كيف ولماذا[1]

بقلم: چان ڤايسينباخ
Jean WEISSENBACH

ترجمة: خليل كلفت

مقدمة

تحتوى خلايا الكائنات الحية على برنامج تعليمات (الچينوم génome) يسمح لها بأن تحافظ على حياتها أو بأن تتكاثر. وهذه التعليمات (الچينات génes) مشفرة فى صورة كيميائية على طول جُزَيئات molécules عملاقة، جُزيئات "دنا" [ADN بالفرنسية وDNA بالإنجليزية] التى تكوِّن الكروموزومات. ولا غنى عن معرفة هذه التعليمات فى فهم الظواهر البيولوچية على المستوى الخلوى والجُزَيئ. على أن هذه المعرفة تمثل، بالإضافة إلى هذا، نقطة بداية تطبيقات متزايدة فى مجالات الطب والصناعات الصيدلانية، والبيوتكنولوچيات، والصناعات الزراعية الغذائية، وفى مجالات أخرى فى تداخل مباشر مع العمليات البيولوچية (الزراعة، البيئة).

وتتألف شفرة التعليمات (الشفرة الچينية) من ألفباء كيميائية من أربع علامات نيوكليوتيدات nucléotides [مكونات الخلية الحية] (أو القواعد)، ويُرمَز إليها بحروف G وC و A و T. ويتألف نيوكليوتيد "دنا" من تسلسل ملايين من هذه العلامات الأولية مثل قلادة من اللآلئ بأربعة ألوان. وهذه الصورة للتسلسل هى

---

(١) نص المحاضرة رقم ٢٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٠ يناير ٢٠٠٠.

التى تسمح بتخزين المعلومات البيولوجية، بنفس الطريقة التى يسمح بها تعاقب الأوكتيات octets المغناطيسية بتخزين المعلومات فى جهاز كمبيوتر. وبكلمات أخرى فإن "دنا" يمثل ذاكرة الكائن الحى. وللتعرف على التعليمات التى يحتوى عليها جَزيىء "دنا" ، ينبغى أن نقرأ تعاقب علامات التسلسل (ألوان اللآلئ على طول القلادة). وهذه القراءة هى التى نسميها تحديد التسلسل[٢] séquençage وهى التى نستطيع تطبيقها على نطاق صغير (عدة آلاف من القواعد أو الحروف) منذ السبعينيات، وعلى نطاق كبير (عدة ملايين من القواعد) منذ منتصف التسعينيات.

ومنذ تعلَّم الإنسان قراءة تحديد تسلسل "دنا" خلال السبعينيات فإنه يحلم بأن يعرف چينومه الخاص، حتى إن كان ما يزال غير قادر على أن يعرف معنى كل التعليمات المتضمنة فى هذا الچينوم. وهذا الحلم فى طريقه إلى أن يصير واقعًا: منذ عدة أعوام تم بدء برنامج دولى عملاق مخصص لتحديد تسلسل الچينوم البشرى فى مجموعه، أى ثلاثة مليارات من القواعد. وصارت مجموعة كاملة من النتائج الناشئة عن تفسير واستعمال هذه المعطيات متوقعة خلال العقود القادمة. وسوف نستعرض أهم تلك النتائج على المستوى العلمى، والمستوى الطبى، وعلى مستوى بعض التطبيقات، دون أن ننسى أن النتائج العلمية ستكون هى ذاتها ماثلة فى منشأ الغالبية الساحقة من التطبيقات الجديدة.

النتائج العلمية

على المستوى الأكثر بساطة يجرى إحصاء التعليمات ثم البحث عن دلالة بيولوچية لكلٍ من هذهِ التعليمات التى نشير إليها اليوم باسم مداخل ما بعد چينومية postgénomiques. وبالإضافة إلى هذا فإنه سيكون من المفتعل إلى حد ما أن نفصِل الإحصاء عن التفسير، لأن الإحصاء نفسه يمكن أن يتطلب درجة بعينها من

---

(٢) séquençage: تحديد (أو تقنية تحديد) تَسَلسُل الأحماض الأمينية لبروتين أو قواعد بورية أو هرمية لحمض نووى. (المترجم)

التفسير. كما يجب أن يرتكز الإحصاء والتفسير على الأعمال التى تتناول چينومات أخرى، وبصورة خاصة الچينومات الصغيرة، التى فتحت الطريق والتى تواصل خدمة النظم الرائدة على مستوى تفسير المعطيات وفى الدراسات الأخرى ما بعد الچينومية. ولا شك فى أن التفسير الذى ما يزال يشكل تحديًا كبيرًا، حتى بالنسبة للچينومات الصغيرة، سوف يشغل غالبية علماء البيولوچيا خلال عقود عديدة.

إحصاء التعليمات

سوف يتمثل أحد الأهداف الأولى للتفسير إذن فى إجراء إحصاء كامل بقدر الإمكان للچينات. ويعتمد هذا الإحصاء على مقارنة (بصورة خاصة مع چينات معروفة بالفعل لچينومات أخرى) وعلى تنبؤات يتم التوصل إليها بمساعدة برامج معلوماتية أخرى. ونظرًا لضخامة حجم المعطيات الذى سيكون متوفرًا قريبًا، يمثل هذا التحليل المعلوماتى تحديًا لم يسبق له مثيل فى البيولوچيا. وسوف يزداد التحليل تعقيدًا بسبب واقع أن كتلة المعطيات سوف تزداد على مرّ الأعوام وبسبب واقع أنه لا مناص من أن تعاد مراجعتها بصورة متواصلة لأخذ المعارف الإضافية فى الاعتبار. وبالإضافة إلى هذا فإن نتائج المعالجات التى تجريها البرامج القائمة لا مناص من أن تفحصها عيون خبيرة، والواقع أن هؤلاء الخبراء غائبون بشدة فى أغلب البلدان، فى القطاع الأكاديمى وكذلك فى الشركات الخاصة. وانطلاقًا من هذه المعطيات التى جرى تحليلها، يمكن أن نقوم بجرد لمجموع چينات أحد الأفراد.

تفسير التعليمات

بقدر ما يعطى التحليل المعلوماتى أحيانًا معلومات عن الوظيفة، يبدأ التفسير عند هذه المرحلة. وإذا كان يمكن، بالنسبة لقسم من التعليمات، استنتاج الوظيفة من تحليلات معلوماتية فإنه، بالنسبة لأقسام أخرى عديدة من التعليمات، سوف تسمح مناهج تجريبية إضافية وحدها بالتحديد الدقيق لطبيعة التعليمات. وبالإضافة إلى هذا

فإنه حتى عندما يكون من الممكن التنبؤ بوظائف الچينات عن طريق برامج معلوماتية فإنه ينبغى إثبات صحة هذه التنبؤات عن طريق تجارب. وأخيرًا فإننا نلاحظ أيضا أن التفسير عن طريق المقارنة يمرّ فى كثير من الأحيان بالحصول على معطيات عن معلومات مبرمجة إضافية.

وبصفة عامة، يبقى عمل خلية، وكائن حَىّ متعدد الخلايا، غير معروف بجانبه الأكبر. وحتى إذا لم يُعطِ فَهم كل تعليمة من تعليمات (چينات) كائن حَىّ صورة كاملة للظاهرة الحيوية، فإنها تمثل خطوة هائلة إلى الأمام بالقياس إلى حالة المعارف الراهنة. وبالتالى فإن دراسة دَور كلّ چين مسجَّل سوف تصير أحد الأهداف الرئيسية للبيولوچيا فى العقود القادمة. وتجرى الآن بالفعل دراسة من هذا النوع للچينات العديدة ذات الوظيفة غير المعروفة للچينومات التى صارت معلوماتها المبرمجة الكاملة متوفرة.

وتظهر التعليمات البيولوچية التى يتضمنها چين فى صورة جُزَئ آخر، پروتين يقوم بتخليقه تحوُّلُ شفرة "دنا" بفعل الآلية الخلوية للتخليق الپروتينى. والپروتين هو الذى يقوم على المستوى الخلوى بتنفيذ التعليمات المتضَّمنة فى الچين. وعلى هذا فإن التعرّف على وظيفة أحد الچينات إنما هو التعرف على وظيفة الپروتين. ومن أجل فهم المعلومات، يجرى سلوك طريقين رئيسيين: يتمثل أحدهما فى دراسة الپروتينات التى جرى تحديد نوعها حديثًا بوجه عام فى نظم مختبرية in vitro، ويتمثل الآخر فى أن نلاحظ على الكائن العضوى (حيوان، نبات، كائن حى مجهرى) الأحوال الطبيعية لتعبير چين وكذلك تأثير تغيرات هذا الچين. وبسبب سَيل الچينات المحددة النوع حديثًا، نشهد نشوء مجموعة جديدة من الاختناقات فى المناهج التجريبية على مستوى الفروع العلمية الكلاسيكية للبيولوچيا: البيولوچيا البنائية، والكيمياء الحيوية، والبيولوچيا الخلوية، والفسيولوچيا، والبيولوچيا، وعلم الوراثة، ..إلخ، وكل هذه الفروع العلمية، التى استوعبت على وجه الإجمال grosso modo الدراسات حول الپروتينات الجديدة (وچيناتها) أولا بأول كلما جرى اكتشافها، قد أغرقها الآن تدفق عشرات المليارات

من الچينات الجديدة الناتجة عن برامج التحديد المنهجى لتسلسل الچينومات. وسوف تزداد هذه الحالة حدّة فى غضون الأعوام القادمة.

وإلى جانب التحدى المعلوماتى المشار إليه أعلاه، يتراءى إذن تَحَدٍّ آخر يُعَرِّض مجموعات من عشرات الآلاف من التجارب للخطر. ونعلم أيضا أن التجريب المنهجى المخصص لمجموعة من الملاحظات لن يكون قادرًا على أن ينجرف نحو غير المتوقع. والواقع أن غير المتوقع وغير المتنبأ به يمثلان مصدرين رئيسيين لمعارف جديدة، كما أن الملاحظات المدققة التى تم إجراؤها على نطاق چين واحد أو ناتجه، والتى لا يتضمنها نموذج على النطاق الكبير، لا يمكن توقعها على نطاق چينوم. وفى هذا يكمن بكل وضوح إفقار لتطور البحث وانحراف كمّى من المؤسف أنه لا مفر منهما لأسباب تتعلق بالتكلفة.

صورة شاملة

واليوم نستخدم أيضا طرقًا جديدة تسمح فى آن واحد بمعرفة مستوى نشاط كل چين فى نسيج مُعطى. وتقوم هذه الأساليب بصورة خاصة على استخدام معطيات تحديد التسلسل وعلى جرد الچينات. ويمكن تطبيق هذه الطرق فى مقارنة أنسجة كائن حى بعضها ببعضها الآخر، أو مقارنة مختلف الأحوال الفسيولوچية لنسيج بذاته، أو ملاحظة تأثير عقار على التعبير الچينى(٣) expression لمجموع چينات النسيج، وهكذا. وفى الوقت الراهن جرى بدء برامج جديدة فى بلدان عديدة فى سبيل الحصول على صورة شاملة لتعبير چينات الأنسجة السرطانية، بطاقة هوية الأورام. وتسمح هذه البرامج بتحسين تشخيصات السرطانات، وبالتمييز بينها لأورام تعتبر اليوم متماثلة، وبالتالى بالدمج بصورة أفضل بين العلاجات، وربما

---

(٣) Expression (التعبير الچينى): مجموع العمليات التى يُسجل عن طريقها چين فى "رنا - الساعى" ويتجسد هذا الأخير فى پروتين. (المترجم)

بالتعرف على پروتينات جديدة تكون أهدافًا لمفعول العوامل العلاجية المضادة للأورام.

النتائج الطبية فى الپاثولوچيات النادرة

لعدد كبير من الأمراض البشرية عامل چينى (وراثى). وتأثير هذا العامل على المرض متغير. وبالنسبة لأمراض عديدة نادرة فإن تبدُّلا (طفرة mutation) فى چين واحد سوف يتجلى بوجه عام بظهور مجموعة من العلامات المميزة للمرض، فى حين أنه بالنسبة لغالبية الأمراض الشائعة مثل البول السكرى، وارتفاع ضغط الدم، والأمراض العصبية-النفسية، إلخ.، فإن مفعول تغيرات الچينات يُعَدِّله تأثير يمارسه باقى الچينوم والمحيط البيئى. وهذا هو السبب فى أننا نميز بين، من جهة، الأمراض الچينية (الوراثية) الخالصة النادرة، والمسماة أيضا بالأمراض المندلية(٤) mendéliennes، أو بالأمراض ذات الأصل البشرى الواحد(٥) monogéniques، والتى يمكن التنبؤ بظهورها حالما نتعرف على الچين المسئول، ومن جهة أخرى الأمراض الشائعة، التى يكون أصلها متعدد العوامل، والتى بالنسبة لها لا يفضى وجود عامل استعداد لدى فرد إلى ظهور المرض بالضرورة.

أرض صيد صارت مألوفة

بدأ عزل الچينات الأولى المسئولة عن الأمراض الوراثية بالمعنى الدقيق stricto sensu نحو منتصف ثمانينيات القرن العشرين، فى حين أن معارفنا عن الچينوم كانت بالغة التجزُّؤ. وإنما فى تلك الفترة، فى أعقاب هذه النجاحات الأولى المشجعة، أدركنا أن معرفة بالمجموع الكلى للچينوم سوف يُيَسِّر بصورة كبيرة تحديد أنوع الچينات الماثلة فى منشأ الأمراض الوراثية. ومن هذه الاعتبارات نبع

(٤) نسبة إلى مندل Mendel (أبو علم الوراثة) وقوانينه. (المترجم)

(٥) نسبة إلى نظرية وحدة أصل الكائن البشرى monogénisme التى نشأت وفقًا لها كل الأجناس البشرية من نموذج بدائى مشترك. (المترجم)

مشروع الچينوم. وشهدت مرحلة أولى فى بداية التسعينيات إعداد خرائط مفيدة من أجل الاستدلال على الچينوم على مواقع الچينات المرضـــية وهـــى تنتقـــل داخـــل عائلات بعينها. واشتهرت الفرق الفرنسية بصورة خاصة أثناء هذه المرحلة الأولى لبرنامج الچينوم. ومن الناحية العملية تسمح الخريطة الوراثية (الچينية) التى جرى إعدادها فى چينيتون Généthon بتحديد موضع چين مرضى داخل مسافة تمثل أقل من ٠,١٪ من الچينوم. غير أنه حتى فى هذه المسافات الصغيرة جدا، ما يزال من الممكن أن يستغرق طور تحديد النوع وقتا طويلا وأن يُكلف الفرق المشتركة فـــى مطاردة الچينات جهودًا هائلة.

من المطاردة إلى الملاحقة المنهجية

على حين أننا فى الماضى كنا نلجأ إلى ترسانة بأسرها من التقنيات المملـــة والشائكة من أجل البحث عن الچينات، صارت تقنيات تحديد ترتيب التسلسل قادرة بصورة كافية على أن يشكل هذا النهج الآن الطريقة الأكثر فاعلية والأكثر ســـلامة لتحديد نوع هذه الچينات. وبصورة خاصة فإن معرفة التسلـــسل تـــسمح باختيـــار منهجى وقياسى للچينات المرشحة التى سيجرى بحث التحولات عليها بعـــد ذلـــك. ومن المؤكد بالتالى أن برنامج التحديد الكامل للتسلسل سيكون له تأثير كبير علـــى البحث عن هذه الچينات المسئولة عن الأمراض ذات الأصل البشرى الواحد. ولهذا يجب أن نتوقع تسريعا كبيرا فى هذا الميدان، ولا مناص من أن يتم تحديـــد نـــوع غالبية چينات الأمراض المندلية فى غضون الـــ ٣ إلى ٥ أعوام المقبلة.

ضوء جديد على الفسيوپاثولوچيا

حتى إذا كانت الأمراض الوراثية المندلية نادرة، وحتى إذا كان التأثير على الصحة العامة صغيرًا، فإن اكتشاف هذه الچينات يمثل مرحلة أساســية فـــى فهـــم وظيفة چينات الچينوم البشرى والتطورات الفـــسيوپاثولوچـــية physiopathology بمجموعها. ولا شك فى أن التطورات لن تكون سريعة جدا (انظر أدناه)، غير أنه

لا مناص من أن يصبّ هذا، فى النهاية ، فى فتح دروب الجديدة أمام علم العلاج الصيدلانىّ أو دروب أخرى، إلى جانب طريق العلاج الچينى الذى ما يزال يحبو فى بداياته. وتوجد على وجه الخصوص أشكال مندلية لأمراض شائعة بعينها. ونحن نعرف كذلك بعض أنواع أمراض البول السكرى، أو بعض أشكال مرض ألزهايمر Alzheimer الوراثية بكل دقة. ويمكن أن يقودنا اكتشاف الچينات المسئولة فى هذه الصور المندلية إلى توضيح جوانب أساسية لفسيوپاثولوچيا هذه الأمراض، ويسمح بالتالى، كما هو متوقع، بإنجازات فى علاج الأشكال الأكثر شيوعًا وليست على وجه الدقة وراثية.

الفائدة التشخيصية

يمثل تطور أدوات التشخيص الجُزَيئى إحدى النتائج المنطقية الأولى لاكتشاف چين مسئول عن مرض وراثى. ولأن هذه الپاثولوچيات نادرة فإنها ليست مسألة استخدام هذا النوع من التشخيص بطريقة منهجية. ومع هذا فإنه بين بعض السكان (سكان عاشوا فى عزلة لأسباب جغرافية أو ثقافية)، يمكن أن يكون تواتر چين محدد قويا جدا ويمكن أن يصل إلى العديدين فى المائة. وبين هؤلاء السكان المحددين، سيكون من الممكن إجراء تشخيص منهجى. ويمكن أن يكون هذا التشخيص قبل الولادة بالنسبة لپاثولوچيات خطيرة وسيكون بوسع الأسرة أن تقوم باختيار وقف الحمل. غير أن تشخيص "دنا" يسمح أيضا بتعزيز أو إلغاء تشخيص إكلينيكى أو بالتنبؤ بالحدوث المفاجئ لمرض يظهر متأخرًا فى مجرى الحياة. وعلى هذا النحو فإن اكتشاف چين المرض الدورى periodique (مرض يظهر بصورة خاصة بآلام شديدة فى البطن) يعطى الطبيب الممارس وسيلة أكيدة لتمييز هذه الپاثولوچيا عن أنواع أخرى من العدوى تظهر فيها علامات مماثلة. كما أن التشخيص المبكر لهذه الپاثولوچيا نفسها يسمح بإجراء علاج طبى (كولشيسين colchicine) يَحُول، إذا بدأ مبكرًا بما فيه الكفاية، دون مجموعة بكاملها من المضاعفات الخطيرة التى يمكن أن تؤدى إلى وفاة المريض. وسوف تتضاعف الأمثلة على هذا النوع فى الأعوام القادمة.

وتتواتر طفرة خاصة فى عامل التجلط فى (العامل ڤى لايــدن V Leiden) لدى السكان الأوروپيين والأمريكيين الشماليين. ويتعرض المصابون لخطر متزايد بتخثر الدم. غير أن هذا الخطر المتزايد هو أيضا مرتفع للغاية لدى النساء اللائــى هن فى آن معًا حاملات لهذه الطفرة ويتناولن موانع الحمل الفمية. بل يبدو حتى أنه عند هؤلاء الأشخاص يكون الخطر أكبر مع موانع الحمل من الجيل الثالث. ونرى من هذا المثل (وتوجد أمثلة أخرى) إمكانية الاستهداف الدوائى الموجّه من جانــب الصيدلانية الچينية pharmacogénétique والذى سوف يتوسع كلما تقدمت معارفنا فى مجال قابلية التأثر الچينية بالأدوية.

النتائج الطبية فى الپاثولوچيات الشائعة

من الأصل البشرى الواحد إلى المتعدد

ما قيل هنا بالنسبة للأمراض ذات الأصل البشرى الواحد النادرة لا يمكن أن يجرى تعميمه بصورة شاملة على الأمراض الشائعة ذات الأسباب المعقدة. وعلــى وجه الخصوص فإنه بسبب هذا السلوك الچينى العــابر إلــى هــذا الحــد أو ذاك، المذكور أعلاه، من الصعب أن يتم التحديد على الچينوم لمواضع چينات الاســتعداد للأمراض الشائعة عن طريق مناهج وأدوات مــستخدمة بالنــسبة للأمــراض ذات الأصل البشرى الواحد. ومع هذا فعندما سوف يبدأ تحديد نوع عوامل الاســتعداد، سيكون بالإمكان توقع نفس التطبيقات التشخيصية والعلاجية.

أسلحة أخرى لملاحقة أخرى

على حين أنه تم بالفعل تحديد نوع چينات عديدة لأمراض وراثية، لــم يــتم اكتشاف سوى بعض العوامل النادرة جدا للاستعداد للأمراض الشائعة. وواقــع أن هذا البحث لم يتقدم إلا بصورة ضئيلة رغم الجهود الكبيــرة المبذولــة الآن يُبــرز الصعوبات الملازمة لهذه الأعمال. وسيتم استخدام إستراتيچيات أخرى هنا. وهــى لم تفضِ حتى الآن إلى إجابات، لآن الأدوات المطلوبة ليست متوفرة بعد بــصورة حقيقية. وتعتمد هذه الأدوات على تطبيق بعض المبادئ البسيطة الموجزة أدناه.

وچينومات الأفراد الذين من نفس النوع متماثلة بصورة عامة. بل حتى يبدو أنه بين النوع البشرى توجد تباينات أقل مما عند أغلب الثدييات الأخرى. ولا شك فى أن هذا ينتج عن انتشار حديث جدا للإنسان العاقل العاقل(٦) Homo sapiens sapiens انطلاقًا من مجموعة صغيرة من الأفراد المؤسسين. ورغم هذا التجانس البالغ داخل نوعنا، توجد اختلافات صغيرة بين الأفراد، حتى داخل الأسرة الواحدة. وعندما نقارن بين تسلسلات چينومين غير متصاهرين، نلتقى بتباين فى كل القواعد الألف تقريبًا. وهذه الاختلافات الصغيرة هى التى تجعلنا لا نشبه كلنا بعضنا البعض مثل الإخوة التوائم، الذين تكون لهم چينومات متماثلة بالمعنى الدقيق للكلمة. وفى حين أن الغالبية العظمى من هذه الاختلافات ليس لها أىّ تأثير على أداء تراثنا الچينى، يمكن لبعضها القيام بالتهيئة لظهور باثولوچيات شائعة بين نوعنا. وسيتمثل أحد الأهداف الرئيسية للأعوام القادمة فى البحث، على مستوى الچينومات، عن الاختلافات الچينية التى يمكن أن تكون ماثلة فى منشأ هذه القابليات.

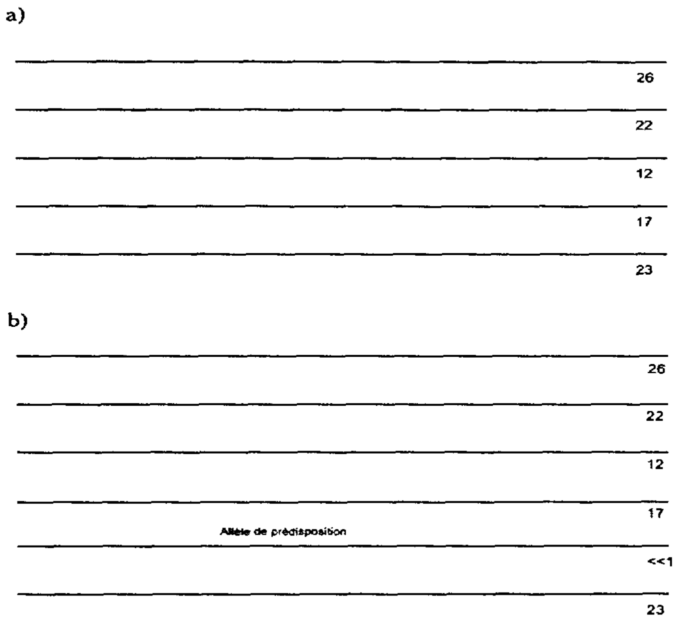
ويمكن أن تظهر هذه الاختلافات الوراثية التى يشار إليها بمصطلح (single nucleotide polymorphism) SNP [تأثير على عمل تراثنا اللافات كلنا بعضنا البعض مثل الإخوة التوائم، الذين تكون لهم لهذه الأعمال. عة ذات الأسباب المعقتعدد أشكال النيوكليوتيدٍ الواحد] فى كل المستوياتٍ الچينومية، خارج وداخل الچينات، فى الجزء المشفر codante أو غير المشفر. وإذاٍ تصورنا بسهولة أن تعددات لأشكال النيوكليوتيد الواحد الموجودة فى الأجزاء المشفرة يمكن أن تبدل تعليمة من التعليمات الچينية، فإنه ينبغى أيضا اعتبار أن تلك الأجزاء التى تحدث خارج المناطق المشفرة يمكن أن يكون لها تأثير على التعليمات. إن تباينًا فى التسلسل داخل چين أو داخل جواره يمكن أن يفجر زيادة أو نقصا فى تعبير هذا الچين. ويمكن لتباينات فى الإنترونات introns (أجزاء غير مشفرة) أن تؤدى إلى تبدلات فى عملية

(٦) Homo sapiens sapiens أىْ الإنسان العاقل العاقل أو الإنسان العارف العارف وهو الإنسان الكرومانيونى أو الإنسان الحديث الذى نشأ منذ قرابة مائة ألف عام من Homo sapiens أىْ الإنسان العاقل أو العارف وهو الإنسان النياندرتالى. (المترجم)

نضج التعليمات (التى يتمثل دورها فى القضاء على الجزء غير المشفَّر). وعلى هذا النحو نكون مدفوعين إلى أن نأخذ فى اعتبارنا مجموعة بكاملها من إمكانيات تباينات التسلسلات القابلة لأن يكون لها تأثير بيولوچى، ولكن، كما أشرنا أعلاه فإن الغالبية الساحقة من تعددات أشكال النيوكليوتيدات هذه تكون بلا تأثير وظيفى.

الأركيولوچيا الچينية

يرتكز نهج التعرف على العوامل الچينية للقابلية prédisposition على واقع أن بعض تباينات التسلسل النادرة التى تكون ماثلة فى منشأ القابليات (الشكل ١) ظهرت بالمصادفة فى قسم چينومىّ خاص، يتم تعريفه هو ذاته بمجموع من السمات المميزة لتعدد أشكال النيوكليوتيد SNP. ولنتصورَّ المثل الخاص بتباين له قابلية للربو ظهر عند فرد منذ ٢٠٠٠٠ عام. إن ظاهرة الامتزاج الچينى (الشكل ٢)، التى تؤدى إلى أننا لا ننقل دفعة واحدة en bloc چينوم أحد الوالدين بل چينومًا مركبًا يتألف من أجزاء ناشئة إما من أحد الوالدين أو من الآخر، ستقوم، على مر الأجيال، بتضييق نطاق القسم الأصلى الذى يحتوى على بديل القابلية. وبعد أجيال عديدة، لن نتعرف إلا على تعددات أشكال النيوكليوتيد SNP التى تكون فى جوار مباشر مع بديل القابلية (الشكل ٣). وعند تحليل سكان من أفراد مصابين بالربو، سيكون بوسعنا على هذا النحو أن نتعرف على أفراد يتحدرون من ذلك الفرد الذى حدث له هذا التباين الذى له قابلية للربو. وعند تحليل مجموع تعددات أشكال النيوكليوتيد SNP الذى نقله الفرد المؤسِّس، سيكون بوسعنا أن نتعرف حتى على مَن يتطابق مع تباين القابلية. وبالفعل فإن تعددات أشكال النيوكليوتيد SNP المتجاورة، بلا تأثير بيولوچى، سيكون من الممكن التعرف عليها بين السكان عامة، على حين أن التباين ذى القابلية للربو سوف يتم التعرف عليه بطريقة تفضيلية لدى المصابين بالربو. وكما أن تباينات أخرى قادرة على الحدوث فجأة فى چينات أخرى يمكن أن يكون لها التأثير نفسه، فلن يكون كل السكان المصابين بالربو الذين جرت دراستهم متحدرين من هذا السلف المؤسِّس. وسوف يؤدى هذا بالتالى إلى تعقيد البحث.



الشكل (١)

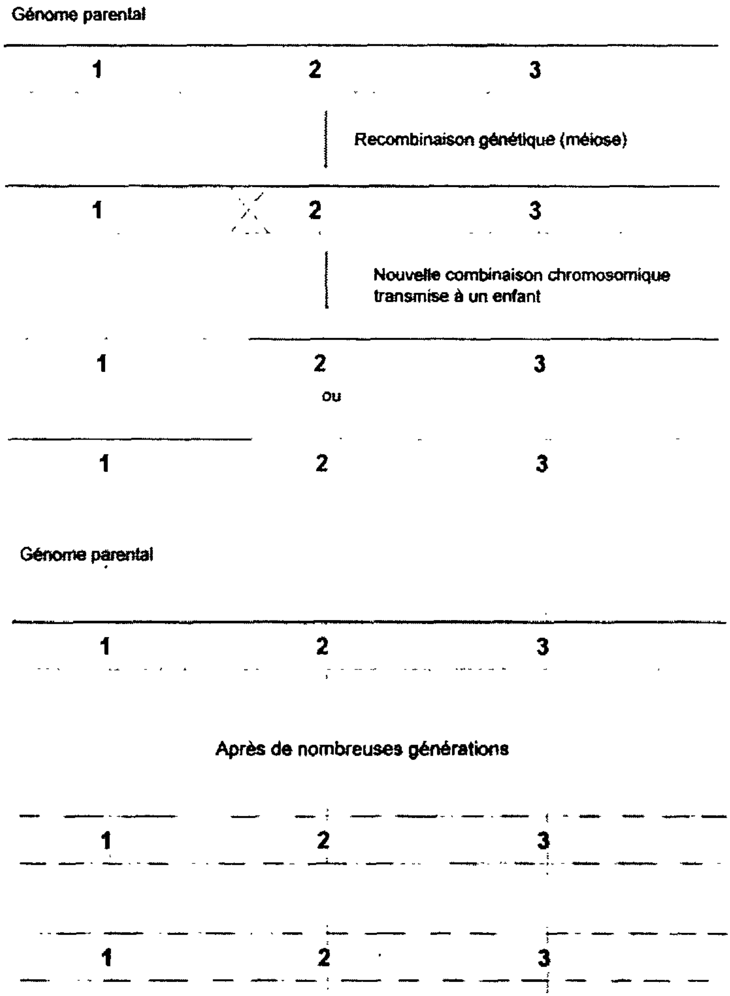
تواتر أنماط أقسام كروموزومية

فى لحظة بعينها من نشوء النوع البشرى.

ظهور طفرة قابلية للربو عند نمط من هذا القسم الكروموزومى.

وحيث إن القسم الأصلى الذى حدث فيه تعديل القابلية سيكون علـــى نطـــاق ضيق جدا بعد أجيال عديدة، فإنه سيكون من الضرورى غربلة الچينوم بالنسبة لعدد كبير جدا من تعدد أشكال النيوكليوتيد SNP وحتى يكون من الممكن تحقيـــق مثـــل هذا التحليل فإنه لا غنىً عن أن يتم، إلى جانب تسلسل مرجع الچينـــوم البـــشرى، استخدام مجموعة كبيرة جدا من تعددات أشكال النيوكليوتيد SNP. ممثلة لإثنيـــات مختلفة تؤلف سكان الكوكب. وأمام ضخامة هذه المهمـــة، قـــررت عـــشرة مـــن المجموعات الصيدلانية العالمية الكبرى توحيد جهودها من أجل إنـــشاء مجموعـــة بالغة الضخامة لتعدد أشكال النيوكليوتيـــد SNP. وســـوف تبقـــى معطيـــات هـــذه

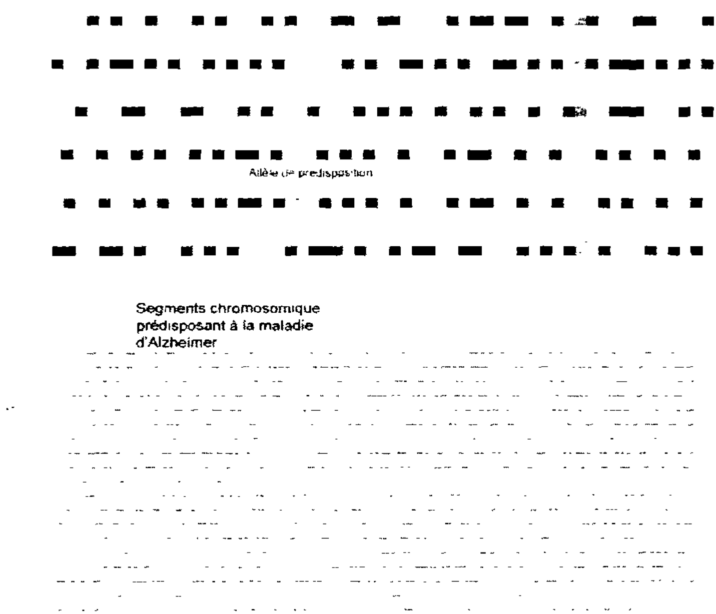
المجموعة متوفرة للجميع وسيكون من الممكن أن تستخدمها مجموعات عامـــة أو خاصة من أجل بحث العوامل الوراثية للقابلية.



الشكل (٢)

امتزاجات جينية

وبالتالى فإن بحث التباينات الچينومية التى يمكن أن تكـــون ســـبب القابليـــات الوراثية سوف يتكثف خلال الأعوام القادمة. وقد جرى إعداد الإستراتيچيات. وهـــى تتطلب تحاليل عديدة لتعدد أشكال النيوكليوتيد SNP. على أفراد كثيرين جدا، وعلـــى سكان لم تجر عليهم تجارب من قبل وكذلك على جماعات المرضى. وهناك تقنيـــات من أجل تحقيق أعداد كبيرة من التحاليل بصورة متوازية مـــا تـــزال بـــسبيلها إلـــى التطوير وكذلك تحديد مجموعات "دنا" ناشئة عن جماعات المرضى والأفراد الـــذين لم تجر عليهم تجارب من قبل. ولم يجر بعد الوفـــاء بهـــذه الـــشروط (مجموعـــات تعددات أشكال النيوكليوتيد، "دنا" تقنيات التحاليل الجماعية، مناهج تحليل إحصائية). غير أن هناك إنجازات مهمة قد تحققت وسوف يفيد تحديد تسلـــسل كامـــل للچينـــوم كقاعدة لخريطة موسَّعة إلى أقصى حدّ لتعدد أشكال النيوكليوتيد الواحد. ويمكـــن أن نتصور أنه بعد عامين إلى ثلاثة أعوام من الآن سيكون مجموع الأدوات متوفرًا.



الشكل (٣) أقسام كروموزومية لديها قابلية للربو.
ويمكن تمييز الأقسام الكروموزومية عن بعضها الآخر
فى أوضاع عديدة بتباينات التسلسل (SNP).

وكل كروموزوم سلَــف كان له اندماج خاص

لهذه التعددات لأشكال النيوكليوتيد SNP، يميزه عن الكروموزومات الأخرى فى الفترة الفاصلة

التى حدثت فيها طفرة القابلية.

وتوجد فترة فاصلة فى جزء مهم من الأقسام الكروموزومية عند سكانٍ مرضى.

وهو يأتى من السلف الذى ظهرت عليه الطفرة.

عند الأفراد الذين ليست لديهم قابلية؛

تحتوى الفترة فاصلة على اندماجات أخرى

لهذه التباينات فى التسلسلات (SNP).

طبّ على المقاس

وانطلاقًا من هنا، سيصير من الممكن إجراء تحاليل وراثية بهدف التعــرف على چينات للقابلية. وستكون هذه الأبحاث طويلة وسوف تتدرج النتائج على أعوام عديدة. ومع هذا فإن النتائج الأولى يمكن الحصول عليها خلال سنوات وسوف تفيد فى التشجيع على مواصلة السير فى هذا الطريق. غير أنه ما إن يجرى تحديد هذه الچينات، فإنه ينبغى أيضا تحويل هذه الاكتشافات إلى إنجازات ملموســة، وهنــاك تطبيقان متوقعان، أحدهما فى ميدان التشخيص والآخر فى ميدان العلاج. ولدينا فى كثير من الأحيان الميل إلى اعتقاد أن اكتشاف چين سوف يقود بالضرورة إلى فهم كامل للآلية الپاثولوچية وبالتالى إلى وسائل السيطرة على ظهور وتطور المرض. على أن الواقع مختلف تمامًا. ذلك أن چين القابلية المعروف أكثر فى الوقت الحالى هو الچين الذى يرمز للأپوليپروتين هــ E Apoliprotéine الــذى يميــل نوعــه هــ ٤ E4 بطريقة بالغة الدلالة إلى مرض ألزهايمر Alzheimer، وبعد اكتــشاف علاقة هذا الچين بثمانية أعوام، لا نعرف دائمًا كيف يمكن للنــوع هــــ ٤ E4 أن يستقرئ ظهور المرض. غير أنه إذا كانت المنجزات العلاجية قــد تغــدو الأكثــر تباطؤًا فإن التشخيص سيكون، كما هو الحال فى كثير من الأحيان، أول مستفيد من التطورات الجديدة فى مجال تحديد أنواع الچينات.

ويمكن أيضا أن يمتد النهج المطبق فى بحث العوامل الچينية للقابلية إلى بحث استعدادات التأثر بعلاجات دوائية. وهذه الأخيرة هى بالفعل مركب چينى يغدو رئيسيا فى بعض الأحيان (انظر أدناه). وعلى هذا النحو سيصير من الممكن تقديم الدواء الأفضل ملاءمة لپاثولوچيا محددة لمريض بعينه. وسوف يسمح هذا بالإضافة إلى ذلك باكتشاف أفراد معرَّضين لأخطار بالنسبة لعلاجات دوائية بعينها، متفادين منع استخدامها بالنسبة لمجموع السكان.

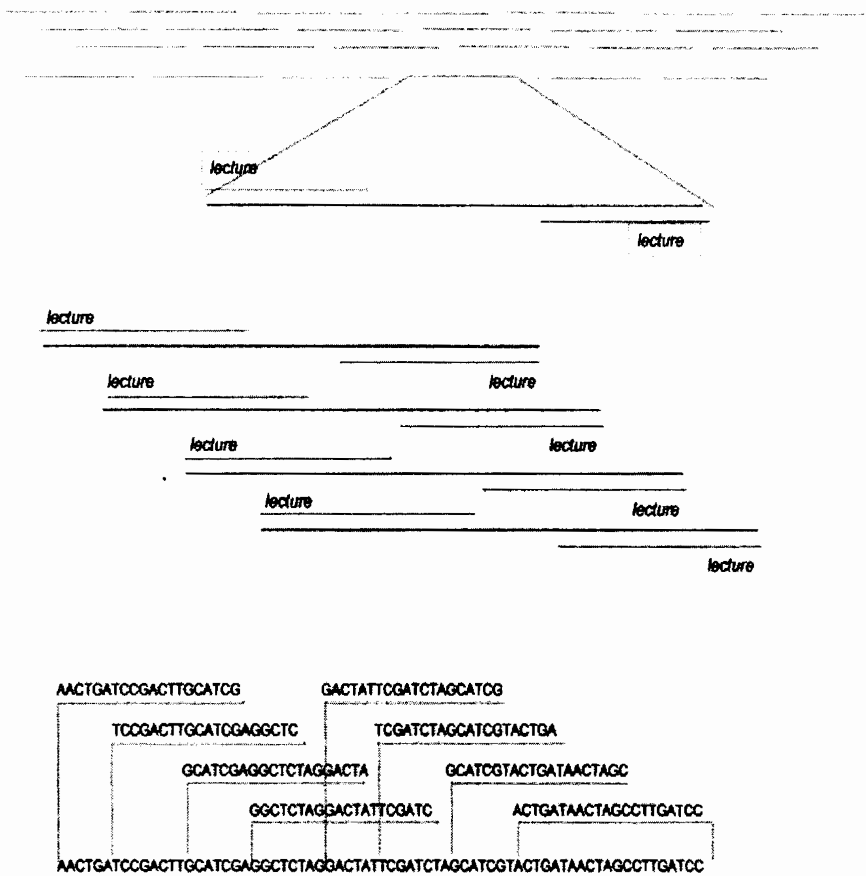
ومن المتوقع خلال العشرة أعوام إلى العشرين عامًا الأولى من القرن المقبل [القرن ٢١] حدوث تغيرات جوهرية فى ممارسة الطب سوف تؤثر على الوقاية من الأمراض الشائعة وتشخيصها وعلاجها على السواء. غير أن هذا له أيضا نتائج منطقية على مستوى مجتمعاتنا. ذلك أن منجزات التشخيص على وجه الخصوص سوف تفضى إلى الغربلة المنهجية للسكان فى سبيل بحث الأفراد الذين يتعرضون لأخطار محتملة على صحتهم. وستكون هذه المعلومات حاسمة بصورة خاصة بالنسبة للأطباء وبالنسبة لسياسة حكيمة للنفقات الصحية. ويبدو أن من الحتمى أن يتم تحليل چينوم كل فرد للوصول إلى مجموع لتعددات أشكال النيوكليوتيد الواحد ذات الأهمية الحاسمة. وحيث إنه يمكن استخدام هذه المعلومات أيضا بصورة ضارة بالأفراد فإنه سيكون من الضرورى ضمان نوع من السرية.

كيف نحدد تسلسل الچينوم البشرى؟

تقوم إستراتيچية البرنامج العام لتحديد تسلسل الچينوم البشرى على تحديد تسلسل الأحماض الأمينية على أجزاء كبيرة مُرتبة سلفًا (أى التى جرت إعادة تكوين تسلسلها الأصلى كما يوجد على الكروموزومات). غير أن قراءة التسلسلات (الشكل ٤) تحدث من الناحية الأساسية على أجزاء صغيرة من "دنا" (من ألف إلى ثلاثة آلاف قاعدة). وبالتالى تتمثل المرحلة الأولى من تحديد تسلسل الأحماض الأمينية فى تجزئة الجزيئات الكبيرة من "دنا" إلى قطع أصغر سيتم بعد ذلك تحديد تسلسها séquencés. وسوف تدخل التجزئة تكسرات بالمصادفة. ونظرًا لأننا نقوم

بتجزئة عدد كبير من نسخ الجزيئ الكبير للانطلاق، فإن تسلسلات الأجزاء الصغيرة التى سنكون قد قرأناها قد تكون متراكبة. وسوف يكون بمقدورنا من هذه الأقسام المتراكبة إعادة بناء تسلسل الجزء الكبير. والحقيقة أننا لا نصل إلى إعادة بنائه بكماله انطلاقًا من هذا التحديد "العشوائى" للتسلسل وحتى بالقيام بقراءة عدد كبير من الأجزاء الصغيرة، أىْ بالقيام بقراءات عشوائية زائدة ستة، بل حتى عشرة أمثال، فإن من المستحيل إعادة بناء الجزيئات بصورة كاملة: إذ تبقى فجوات صغيرة. ولسدّ هذه الفجوات، فإنه لا غنى عن عمل مهم للاكتمال. ويحدث هذا بطريقة مستهدفة بتكلفة مرتفعة تقريبا مثل التحديد العشوائى للتسلسل الذى يعطى ٩٥٪ من التسلسل.

وبعد بدايات بسرعة معتدلة نحو منتصف التسعينيات، صار البرنامج العام الدولى فى الوقت الحالى فى مرحلة بالغة التسارع للغاية. ولكى يكون بمستطاع المستعملين (العلماء والصناعيين) أن يحوزوا بأسرع ما يمكن هذه المعطيات، قرر البرنامج العام (الشكل ٥) تنفيذ منتجات وسيطة، فى صورة تسلسل ناقص لكل جزء من الأجزاء الكبيرة، مما سيشكل أول مشروع متاح فى غضون ربيع عام ٢٠٠٠. وسوف تكون النسخة الثانية للعمل النهائى جاهزة نحو بداية عام ٢٠٠٠ فى حين أن النسخة النهائية تظل متوقعة فى نهاية عام ٢٠٠٣.



الشكل (٤)

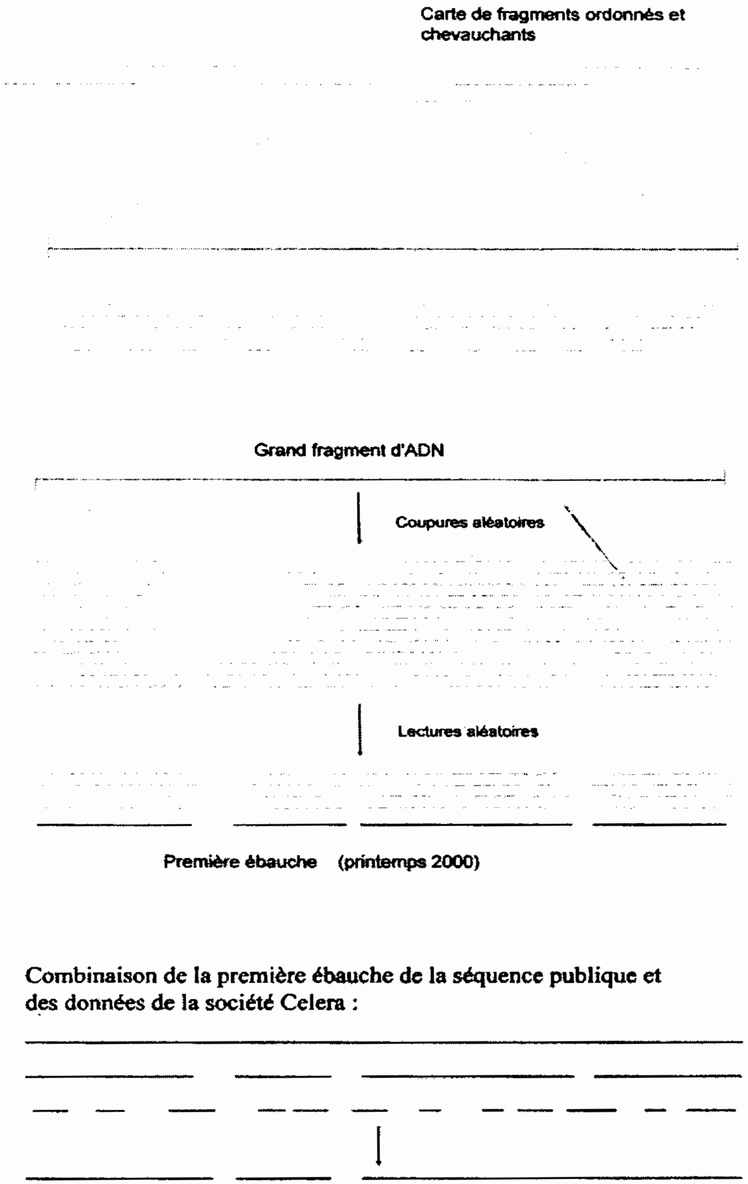
كيف نحدد التسلسل؟

تسمح التكنولوچيا الحالية بأن نقرأ فى اختبار واحد تتابع عدة مئات إلى قرابة ألف من القواعد.

وقبل كل شيء فإن "دنا" يتجزأ إلى أقسام ذات أحجام صغيرة من ١٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ من القواعد. وبالشروع فى قراءة عدد كبير من الأجزاء ذات الحجم الصغير سنحصل على التسلسلات المستخلصة.

وعلى هذا النحو سنكون قادرين على إعادة تكوين التسلسل على مجموع الجزء الذى انطلقنا منه.

وحيث إن تطبيقات تسلسل الچينوم البشرى عديدة ومصادر للربح كإمكانيات كامنة، فإنها تثير الاهتمام بما يؤدى إلى زيادة المستثمرين الخاصين. وهذا هو السبب فى أنه، بالتوازى مع البرنامج العام، نفذت شركة باسم "سيليرا" Celera، مشروعًا خاصا أيضا لتحديد التسلسل. ونظرًا لأن التطبيقات تمرّ قبل كل شيء بتفسير لتسلسل الچينوم، فإن هذه المؤسسة تتطلع أيضا إلى أن تبيع، فى صورة الوصول إلى قاعدة بيانات، تفسيرًا لهذا التسلسل. ويرتكز التفسير فى كثير من الأحيان على الاستخدام لمعطيات إضافية للتسلسل. ويمكن بالتالى أن يكون حاسمًا لشركة "سيليرا"، من أجل جذب الزبائن، أن تقوم لفترة محدودة بتكوين مجموعات من المعطيات التى لا توجد فى المجال العام. وهذا هو السبب فى أنها جهزت نفسها بقدرة على تحديد التسلسل متفوقة كثيرًا على تلك الخاصة بأكبر مراكز المجال العام.



الشكل (٥)

مشروع الچينوم البشرى.

المخطط الأول للتسلسل العام سيكون من الممكن ربطه بمعطيات شركة سيليرا.

والإستراتيجية التى تحتفظ بها هذه الشركة مختلفة جوهريا عن تلك الخاصة بالمشروع العام. وقد تمثلت فى الأصل فى المراهنة على أنها تستطيع، ليس فقط أن تقوم بإعادة التكوين واحدًا فواحدًا لتتابعات أجزاء كبيرة من الچينوم البشرى، حوالى مئات الآلاف أو حوالى المليون، بل أن تقوم بإعادة تكوين أجزاء مهمة مثلها عن طريق التحديد العشوائى للتسلسل لمجموع الچينوم. وهذه الإستراتيچية، التى قوبلت بكثير من التشكك، جرى فحصها بنجاح معتدل على ذبابة الخل. وقد أمكن بإعادة تكوين أجزاء، غير أن الچينوم يظل خمسة آلاف قطعة. ويبين هذا بوضوح أن هذه الإستراتيچية يمكن أن تنجح على الچينوم البشرى. غير أنه عن طريق تسريع المشروع العام من أجل إنجاز مخطط أولىّ، سيكون بوسع شركة "سيليرا" ببساطة أن تضيف معطياتها الخاصة إلى معطيات المشروع العام وأن تمتلك على هذا النحو لحسابها مجموعًا أكثر فائدة.

على أنه ينبغى أن نضع نصب أعيننا أن أهداف شركة "سيليرا" وأهداف المشروع العام مختلفة جوهريا. وفى الحالة الأولى، يتعلق الأمر بهدف قصير الأجل، يسعى إلى صنع مُنتج ناقص (له منفعة مغرية تجاريا فى فترة زمنية محدودة) و، فى الحالة الثانية، تكوين أداة متاحة للجميع وذات منفعة أعم بكثير.

خلاصة

إننا اليوم أمام عصر جديد ستكون له على حياة كل فرد نتائج فى أهمية ما حدث منذ ١٠٠٠٠ عام، عندما انتشرت الزراعة بالتدريج على مجموع الكوكب. ولا شك فى أننا لسنا قادرين أكثر مما كان فى ذلك الحين على تقدير كل مخاطر هذه التغيرات التى سوف تنتج من سيطرة أكبر على الحياة du vivant، ولكننا على الأقل نملك الحدس بأن ما يتشكل ليس بلا عواقب. وقد قيل الكثير إلى الآن عن الكائنات الحية المعدلة چينيا organismes génétiquement modifiés (OGM)، عن أخطارها المحتملة، وبصورة أقل كثيرًا عن تقييم صارم للمخاطر يمكن أن يكون مقبولا من جانب كافة دعاة هذه القضية.

وفى مجال الصحة، نجد أنفسنا مرة أخرى غارقين فى مفارقة تقدم المعرفة الذى يجعلنا نكسب حيزا جديدًا من الحرية وفى الوقت نفسه يبين لنا أن مصيرنا الفردى محدد سلفًا تقريبًا. ولكن هل توجد إجابة على هذه المعضلة وعلى الاستفسارات التى تثيرها الممارسات الطبية الصادرة عن علم الوراثة، تلك الممارسات التى سوف تترسخ بالتدريج؟ وهل يمكن أن نرفض الحصول على المعرفة، فى مجتمعات صارت فيها الصحة فى آن معًا مشكلة الجميع ومشكلة كل فرد؟ والبديهية الوحيدة التى يبدو لى أنها تفرض نفسها هى بديهية المزيد من التعليم. ذلك أن مستوى معارف مواطنينا فى البيولوچيا يجب أن يكون كافيًا لكى يكون بوسع الاختيارات التى سوف ينبغى القيام بها أن تكون مبنية على معرفة الوقائع. على أن هذا أقل سهولة مما يبدو، ذلك أن البيولوچيا ليست علم الحقائق اليقينية المطلقة.

الاستنساخ(٧)

بقلم: چان-پول رونار

Jean-Paul RENARD

ترجمة: خليل كلفت

كانت ولادة النعجة دوللى "الخبر رقم ١" فى وسائل الإعلام فى العالم بأسره. عند هذه النعجة، كانت النواة التى تحتوى على ميراثها الچينى مأخوذة من الغدة الثديية لإحدى بنات جنسها. وبعد ذلك تم نقلها وزرعها فى بويضة مأخوذة من نعجة أخرى، بويضة كان قد جرى قبل ذلك انتزاع المادة الچينية، أىْ الكروموزمات الأمومية، منها. لقد جرى إثبات أنه حتى الثدييات يمكن أن تتوالد عن طريق آخر غير الطريق الجنسى! ومن هنا القلق الكبير: هل سيكون من الممكن أن يُصنع فى الإنسان ما صُنع فى الحيوان؟

ما المُستْنسَخ؟

المستنسَخ clone مجموع من الكائنات الحية المتماثلة چينيا. ومن الممكن استنساخ clonage جزيئات أو خلايا، أو كائنات حية، والمقصود كائنات حية دقيقة، من النباتات، أو الحيوانات. والاستنساخ نمط من التكاثر الطبيعى لدى أنواع عديدة. وبالتالى فإن البكتريات تستطيع أن تتكاثر عن طريق التناسل بالانقسام الشطرى scissiparité، والنباتات عن طريق غرس الفسائل bouturage أو الترقيد marcottage وفقاريات عديدة (النحلة، قمل النبات، برغوث الماء) عن طريق

(٧) نص المحاضرة رقم ٢٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٨ يناير ٢٠٠٠.

التوالد العذرى parthénogenèse. وفى كل الحالات، وعلى العكس من فكرة سائدة، فإن المستنسَخ بمعنى نسخة copie مطابقة لا وجود له فى البيولوچيا: لأنه حتى إذا كانت النسختان متطابقتين چينيا، فإن الكائنين الحيين سرعان ما سوف تظهر عليهما اختلافات ترجع إلى واقع أن البيئة ستقوم بتغيير عمل الچينات.

كان هذا هو تعريف المستنسَخ قبل إعلان ولادة النعجة دوللى. ومنذ ذلك الحين، طورت الدعاية التى كرستها لها المجلة العلمية Nature [الطبيعة] استعمال هذه الكلمة: وهى تستخدم الآن فى أغلب الأحيان لتسمية حيوان، جرى الحصول عليه، مهما كان فريدًا، انطلاقًا من نواة خلية غير تناسلية، أىْ من نواة خلية جسدية somatique، مأخوذة من حيوان بالغ. وكانت دوللى فريدة حيث إن الحيوان الذى أخذت منه الخلية المانحة للنواة، الخلية التى جرى زرعها ثم الاحتفاظ بها فى حالة مجمدة، كان قد مات قبل ولادة النعجة الشهيرة بوقت طويل. غير أن دوللى سميت حيوانًا "مستنسخًا" clone. ومنذ ذلك الحين وُلدت ثدييات أخرى مستنسخة، وبصورة خاصة عجول ومؤخرًا جدا فئران، وبعض الماعز، وبعض الخنازير. ومنذ عامين، قمنا بإنتاج بعض الفئران ودزينة من العجول المستنسخة من سلالة هولشتاين Holstein فى مختبر INRA de Jouy-en-Josas. وبعض هذه العجول متحدرة من أنوية آتية من نفس الحيوان المانح فهى بالتالى متماثلة چينيا بشدة. ومع هذا فإن توزيع البقع السوداء والبيضاء لشعرها يختلف من فرد إلى آخر؛ وعند وضعها وسط عجول أخرى غير مستنسخة، فإننا نجد بعض المصاعب فى التعرف عليها؛ وإذا لاحظناها بانتباه أكثر، نكتشف على سبيل المثال أن سلوكها الغذائى متماثل جدا من بعض النقاط، غير أنها مختلفة جدا من نقاط أخرى. إننا بعيدون عن رؤية تبسيطية، غير أنها مختلفة جدا من نقاط أخرى. مثال أن سلوكها الغذائى ول أخرى غير مستنسخة، فإننا نجد بعض المصاعب فى للاستنساخ على أنه يمثل "نسخة فوتوغرافية".

طرق الاستنساخ

تسمح ثلاث تقنيات مختلفة بالحصول على حيوانات متماثلة چينيا: الفصل، أو القطع Section، أو نقل الأنوية.

La dissociation الفصل

يتمثل فى أخذ خلايا من "جنين" صغير السن جدا. وكلمة جنين embryon [= جنين مبكر] مستخدمة هنا باعتبارها اسمًا چينيا يعنى المراحل الأولى للنمو انطلاقًا من مرحلة "خلية"، أىْ جنين مبكر من بيضة مخصبة، حتى مرحلة كيس البلاستولة blastocyste التى يتحقق ابتداءً منها الزرع فى رحم الأم. وفيما بعد ذلك يبدأ نمو الجنين fœtus، حتى إذا كنا نحتفظ باستعمال هذه الكلمة للفترة المتأخرة أكثر التى ابتداءً منها يظهر شكل منظم (بجزء أمامى وجزء خلفى) سوف يتخذ بعد ذلك مظهرًا مميزا للنوع المعنىّ. وللحصول على مستنسَخ clone عن طريق الفصل، فإنه لا مناص من انقسام البيضة من خلايا متحدرة إما من الخلية الأولى (خليتان)، أو من الخلية الثانية (أربع خلايا) أو، فى أكثر الأحوال، من الخلية الثالثة (ثمانى خلايا). وعن طريق إعادة وضعها إما منفردة، وإما فى مجموعة من اثنتين فى القشرة الصغيرة للجليكوپروتينات glycoprotéines التى تحيط بالبيضة، المنطقة الشفافة la zone pellucide، نحصل على كثير من الأجنة المبكرة التى يمكن بعد ذلك، كل واحد منها أو فى مجموعة من اثنتين، زرعها فى أنثى حامل. وكان قد تم الحصول بهذه الطريقة على القرد "تيترا" Tétra، المولود مؤخرًا فى مختبر أوريجون Oregon بالولايات المتحدة. وقد استطاع فريق كندى من جامعة جويلف Guelph، منذ عدة سنوات، أن ينتج أربعة عجول انطلاقًا من ثمانى خلايا من جنين مبكر، وهو ما يشكل سابقة فى سجل المآثر العلمية.

الانشطار لجنين مبكر

يشكل مرحلة متأخرة قليلا، عن مرحلة كيس البلاستولة (أو البلاستولة). وفى هذه المرحلة، تأتى خلايا الجنين المبكر فقط لتبدأ فى التمايز إلى نمطين

متباينين تمامًا، خلايا لن تمنح سوى المشيمة placenta، وخلايا سوف تمنح الجنين Fœtus وجزءًا من المشيمة. وتبدأ المنطقة الشفافة فى الانشقاق مما يسمح بـزرع كيس البلاستولة. وإذا قمنا بقطع كيس البلاستولة هذا إلى قسمين، مع العناية بالتوزيع بصورة متساوية تقريبًا للنمطين الخلويين اللذين يمكن التمييز بينهما بسهولة، فإنه يمكننا الحصول على توأمين. ومن جهة أخرى فإن هذا هو ما يحدث فى الطبيعة، ولكنْ بصورة عرضية جدا عندما يجد الجنين المبكر أنه مؤقتًا فى لحظة الإفلات من المنطقة الشفافة، حيث تعرقله فتحة يتبين أنها ضيقة للغاية بصورة مفاجئة. هذا هو الأصل، لدى الإنسان، للتوائم الحقيقيين، أىْ المتحدرين من نفس البيضة. وهذا لا يصيبهم بأىّ أذى سوى القول – إذا تحدثنا من الناحية البيولوچية – بأن التوائم الحقيقيين إنما هم مستنسخون بالفعل! ومنذ عدة أعوام، كنا نعتمد على ملاحظات من أجل إنتاج توائم بقرية عن طريق انشقاق كيس البلاستولة؛ هذه التقنية التى اتضح أنها بالغة الكفاءة حيث إن نصف الأبقار الحبلى بعد نقل نصفىْ جنين كانت تلد توائم! غير أن قطع كيس البلاستولة إلى أربعة أقسام سرعان ما أظهر عيب هذه التقنية، نظرًا لأن الأقسام الأربعة من الخلايا كانت بالتالى أصغر من أن يمكن لكل قسم منها إصلاح كيس البلاستولة القادر بعد ذلك على مواصلة النمو.

نقل النواة

يتمثل فى أن توضع على اتصال ببويضة مستأصلة النواة (بدون كروموزومات أمومية) خلية مصدرها نسيج متمايز بالفعل، تحتوى بالتالى على المجموعين الجذعين (السلاليين) deux stocks من الكروموزومات الوالدية. وفى الممارسة العملية نستخدم بويضات متحدرة من إناث مختلفة لا نحتفظ منها إلا بالسيتوپلازم؛ وعلى هذا النحو، ففى حالة البقرة، يمكن أن تكون هذه البويضات مثقوبة مباشرة داخل أكياس المبايض المستعادة فى مسالخ، مما يسمح بالتخلص بسرعة بالغة من عدة دزينات من السيتوپلازمات المتلقية للأنوية. ونحن نلجأ إلى

طرق مختلفة للتأكد من أن نواة الخلية المانحة تعود إلى الخلية المتلقيـــة. وتتمثـــل إحدى مراحل هذه العملية الدقيقة فى دمج غشاء الخليـــة المانحـــة للنـــواة بغـــشاء البويضة. ومن أجل هذا نستخدم نبضة كهربائية قصيرة لا تستغرق ســـوى بـــضع ميكروثانيات ولكن تكفى لتؤدى إلى الاختلال بصورة مؤقتة جدا للغشاءين والسماح فى آن معًا بدمجهما وتنشيط البيضة، أىْ انطلاق التعديلات الكيميائية التى ســـتقود إلى تحقيق الانقسام. وبالتالى يمكن أن يبدأ نمو "البيضة المعاد تكوينها". ومزروعًـــا فى أمّ حامل، سيكون العجل الذى نحصل عليه متماثلا چينيا مـــع البقـــرة المانحـــة للنواة، سواء أكان الأمر يتعلق بخلية غدة ثديية، كما كان الحال مـــع دوللـــى فـــى فبراير ١٩٩٧، أو يتعلق بعضلة مثلمـــا كـــان الحـــال مـــع البقـــرة مارجريـــت Marguerite المولودة فى إنرا INRA فـــى فبرايـــر ١٩٩٨. ودور ســـيتوپلازم البويضة يستحق هنا التشديد لأنه هو الذى سوف يعيد تنظيم النواة لجعلها تـــستعيد حالة جنينية مبكرة. وهذه القدرة المدهشة ماتزال بعيدة عن أن تكون مفهومة: إننـــا نعرف فقط أن البويضة خلية خاصة تمامًا تحتوى على عدة ملايين من الجزيئـــات المصنوعة فى مجرى تكوين البويضات ovogenèse، أىْ أثناء هذه الفترة الطويلة التى تبدأ منذ الحياة الجنينية للأنثى بعد أن تكون الغدة التناسلية قد تمايزت. وهـــذه الجزيئات لا غنى عنها فى السيطرة على الانقسامات الأولى للبيضة لأن النواة فـــى تلك اللحظة عاجزة فى حد ذاتها عن كل نشاط تخليقى. ولكنها لا تصير نشيطة حقا إلا بالتدريج وبعد أن يكون سيتوپلازم البويضة قد أعاد تنظيمها بصورة أساســـية. وهذه التبادلات الأولى بين النواة والسيتوپلازم حاسمان لمواصلة النمو. ونبدأ فـــى إدراك أنهما يمكن أن يؤثرا على عمل الچينات التى لا تظهر على مستوى الميراث الچينى إلا فيما بعد فى مجرى تخلق الجنين embryogenèse. ونشك حتى فـــى أن هذه الآثار يمكن الإحساس بها بعد الولادة! وفضلا عن هذا فإن سيتوپلازم البويضة غنى بهذه المكونات المتمايزة organites للخلايا والتى تتمثل فى الميتوكونـــدريات (السبحيات) mitochondries التى تلعب دورًا أساسيا فى السيطرة علـــى الأيـــض (التحول الغذائى) métabolisme الخلوى. وتملك الميتوكوندريات "دنا" الخاص بها

الذى لن يكون من الممكن استخدامه إلا بعد انقسامات عديدة، قبل مرحلة كيس البلاستولة بقليل. وفى تفاعل interaction مع "دنا" النواة. وبالتالى ينبغى أن يكون بوسع "حوار" بناء أن يقوم بسرعة بين سيتوپلازم البويضة والنواة المانحة حتى إذا كانت هذه الأخيرة قد خدعت، إن جاز القول، السيتوپلازم المبرمَج لدى الثدييات من أجل تلقى خلية تناسلية ذكرية لحيوانات جنسية spermatozöde. والحقيقة أن فهم الطريقة التى تفقد بها النواة تمايزها على هذا النحو فى نواة جنينية embryonnaire يشكل المسألة الأساسية للبيولوچيا التى يطرحها الاستنساخ.

التقنية، العلم: العلم التقنى والاستنساخ

مهما كان النوع الذى يجرى بحثه، فإن مردود تقنية نقل النواة هزيل: ١ إلى ٣٪ فقط من الأجنة المعاد تكوينها reconstitutes تنمو حتى النهاية فى حين أنه بعد التخصيب فى المختبر، يكون هذا المعدل حوالى ٥٠٪. صحيح أننا لم نستغرق سوى القليل جدا من المدى الزمنى، ثلاثة أعوام بالكاد، إلا أن هذا المردود الهزيل يمثل واقعًا أيضا فيما يتعلق بالضفدعة حيث حاول باحثون خلال أعوام عديدة، دون نجاح، الحصول على حيوان بالغ (يتجاوز مرحلة اليرقة) انطلاقًا من نواة خلية جسدية هى نفسها مأخوذة من حيوان بالغ آخر. وتشير المعطيات التى يبدأ نشرها إلى أن الفعالية تنقص عندما تكون النواة آتية من نفس النمط الخلوى (على سبيل المثال خلية مغزلية fibroblaste) مأخوذة من حيوان بالغ بالمقارنة من جنين fœtus دون أن يكون بوسعنا أن نعرف على الفور ما إذا كان هذا الاختلاف يرجع إلى واقع أن الجانب الأكبر من الأنوية المانحة حاملة لتشوهات چينية بعد أخذها من الحيوان البالغ أم أن الأمر يتعلق بقدرة أقل ضخامة على معاناة التغييرات التى يفرضها سيتوپلازم البويضة. وإذا استخدمنا أنوية الخلايا الجنينية (المأخوذة قبل النقل والزرع مباشرة) فإن الفعالية تكون أكثر ارتفاعًا ويكون بوسعنا الحصول (لدى فرد من تحت فصيلة البقريات le bovin) فى المتوسط على عشرة عجول لكل مائة جنين مبكر معاد التكوين. غير أنه يبدو أن عمر الحيوان البالغ لا يكاد

يؤثر فى النتائج. وتتمثل ملاحظة أخرى فى أنه فى كل الحالات، وعلى العكس مما يحدث فى الشروط الطبيعية للتكاثر مثلما يحدث بعد التلقيح الصناعى أو التخصيب فى المختبر يكون معدل الإجهاضات المتأخرة مرتفعًا، إلى حد ما وكأن الفلتر الذى يشكله النقل والزرع يعمل أقل مما يكفى للأجنة المبكرة المستنسخة. ومن الجلى أن الأسباب متعددة وعندما نرى أبعد فإنها ليست چينية فقط.

وإلى يومنا هذا، وُلد فى العالم حوالى مائة وخمسين عجلا مستنسخًا، وقرابة أربعين نعجة، وأقل من عشرين من الماعز، وبضعة خنازير... وهذا قليل بالقياس إلى خمسة مليارات من العجول المولودة عن طريق التلقيح الصناعى منذ ١٩٥٠، أو مليونين من العجول المولودة بعد نقل الأجنة المبكرة منذ ١٩٧٥، أو مئات الآلاف المتحدرة من التخصيبات المعملية منذ ١٩٨٨! ومن الغريب أن أوائل الفئران المستنسخة لم يتم الحصول عليها إلا بعد عامين تقريبًا من ولادة النعجة دوللى، وهذا رغم الجهود العديدة التى بذلتها فرق عديدة خلال قرابة عشرين عامًا. وكانت هذه الإخفاقات تؤدى إلى النظر إلى الاستنساخ على أنه "مستحيل بيولوچيا" لدى الثدييات! واليوم، ماتزال النجاحات مع هذا النوع قليلة العدد. غير أنه لا مناص من أن يتغير الموقف: من خلال الرهان فى آن واحد على الشروط التقنية لإعادة تكوين الجنين المبكر وعلى تكوين وَسَط الزرع قبل النقل إلى أنثى متلقية، أوضحنا للتو أنه كان بوسعنا الحصول على معدل أكثر ارتفاعًا للنقل والزرع، وأن الوفيات الجنينية المتأخرة كانت بصورة خاصة مسئولة عن المردود الهزيل. وبالمقابل فإن الفئران القليلة التى جرى الحصول عليها سوية فسيولوچيا ويمكنها أن تتكاثر بصورة سوية.

وبالتالى تبدأ الحيوانات المستنسخة فى أن تولد فى المعامل وهى تجبر على التأكيد التالى: المستنسخ حيوان سرعان ما تقوم سلسلة نسبه بتشويش المعالم التى ألفناها. وعن طريق الاستنساخ، يمكن أن تكون لحيوان مانح للنواة حيوانات مستنسخة عديدة ذات أعمار مختلفة يمكن أن تستمدّ منها مستنسخات من المستنسخات فى حالة تكرار إجراء نقل الأنوية انطلاقًا من خلايا مأخوذة من حيوان هو نفسه متحدر من الاستنساخ. ويمكن أن تكون لأنثى مستنسخة خمس

أمهات: "الأم" المانحة للنواة؛ الأم التى منحت السيتوپلازم المتلقى؛ الأم الحامل؛ الأم المرضعة (ونحن نلجأ كثيرًا إلى هذه الأم لأن الأمهات الحاملات التى كنا نستخدمها إنما هى أبقار من سلالة شاروليز Charolaise الأقل جودة كمرضعات من سلالة هولشتاين Holstein؛ و... الأم الچينية، أىْ الأم التى ولدت الأم الحامل للنواة محولة إياها إلى چينات؛ ولهذا الحيوان المانح للنواة فى كل الحالات أب وأخ، الأب الچينى، الذى لا غنى عنه لدى الحيوان الثديىّ حيث لا يكون التوالد العذرى parthénogenèse (أىْ النمو حتى النهاية لبويضة منشطة بدون تخصيب) ممكنًا. وإذا كان هذا المستنسخ ذكرًا، فإنه يكون له أب ثان، هو مانح النواة، وحتى أربع أمهات. وبالنسبة للمستنسخات من مستنسخات، فإن جدتها المانحة للأنوية تكون أيضا أختها الچينية (نفس الأب ونفس الأم) وتكون الأعضاء الأخرى فى المجموعة الأولى المتجانسة من المستنسخات فى آن واحد عماتها أو خالاتها (أو أعمامها أو أخوالها) وأخواتها (أو إخوتها). وقد قمنا لغايات تجريبية بتكوين مثل هذه القبيلة من عشرة أبقار فى إنرا INRA: إن تحديد نسق للتماثل من أجل هذه الحيوانات ليس مهمة ضئيلة!

التكوين Genese والنمو بالتمايز المتعاقب Epigenese: الاستنساخ، أداة من أجل البحث الأساسى

الاستنساخ قبل كل شيء أداة جديدة من أجل أحد الموضوعات الكبرى للبحث الأساسي: موضوع التمايز الخلوى. وكلما تشكلت الأنسجة، تتخصص الخلايا فى وظائف مختلفة؛ وفى أنسجة عديدة جدا، نجد خلايا قادرة ــ وهى تنقسم ــ على أن تمنح فى آن معا خلية متماثلة للخلية نفسها وخلية أخرى متمايزة: هذه الخلايا المتعددة القدرات تسمى أيضا خلايا جزعية souches. وتحول خلية جزعية إلى خلية متمايزة يخضع لآلية محكومة يجدر بنا أن نفهمها. والواقع أن اختلال هذا التقسيم يُحْدث ما يجرى عندما تتكاثر خلايا بطريقة فوضوية وتصير سرطانية. وقد يقودنا أن نفهم بنقل الأنوية كيف يمكن أن تعود خلية إن جاز القول إلى الوراء

معدِّلة برنامج النمو الذى جعله ينتقل من حالة البيضة إلى حالة الخلية المتمايزة إلى إحاطة أشمل بالشروط التى تدعو خلية إلى أن تصير ورمية tumorale. وبنقل الأنوية، تستعيد الخلية المندمجة مع سيتوپلازم البويضة حالة كلية القدرة totipotent، أىْ حالة تسمح لها، لها وحدها فقط، بأن تعيد منح كل خلايا الكائن العضوى. وهذه الحالة تعيد منح قوة جديدة للخلايا. هذا ما تبينه التجربة التالية التى جرى القيام بها على البقرة. وهى تتمثل، فى المحل الأول، فى زرع خلايا مأخوذة من حيوان، على سبيل المثال، خلايا مغزلية تنقسم عددًا معينًا من المرات، حوالى ثلاثين إلى خمسين مرة، قبل أن تعاود الدخول فى حالة من الشيخوخة؛ وفى المحل الثانى، ننتج عن طريق الاستنساخ جنينًا انطلاقًا من نواة هذه الخلايا ونزرع من جديد هذه الخلايا المغزلية: نلاحظ أن هذه الأخيرة يمكن عندئذ أن تنقسم من جديد عددًا من المرات مثل عددها عند الزرع الأول؛ وربما حتى أكثر!

هذه الفتوة الخلوية الملحوظة فى الزرع أيقظت حلم الخلود الذى يستدعيه الاستنساخ على حين أنه منذ شهور قليلة سابقة، ولكن بمعنى مناقض، كنا نؤكد أن النعجة دوللى تشيخ بسرعة أكبر من عمرها لأن بعض مناطق كروموزوماتها، نهاياتها أو أطرافها الطبيعية القصوى (التى تلعب دورًا أساسيا فى إبقاء عدد الكروموزومات طبيعياعند كل انقسام)، كانت شبيهة جدا بمناطق كروموزومات الحيوان المانح للأنوية الذى كان عمره ستة أعوام أكثر منها بحيوان عمره عامان! وفى هاتين الحالتين، كان التعميم الاستقرائى بسرعة من الخلية المزروعة إلى الحيوان الحى، مع نسيان دمج كل تعقيد الضوابط التى تسمح لكائن عضوى معقد بأن يوجد: إننا نجد دون شك أن عمر شرايينه أطول من عمر مناطق كروموزماته، وبالفعل فإن لدى النعجة دوللى والحيوانات المستنسخة الأخرى العمر الفسيولوچى الذى يتوافق مع ولادتها! وإلى يومنا هذا فإن بعض الأنماط الخلوية فقط جرى استخدامها كمصادر للأنوية. ولا أحد بينها توافق مع خلايا قبل أن تكون قد بلغت مرحلة نهائية من التمايز فى الكائن الحى in vivo. ومع هذا فقد تكون دراسة تعديلات نواة هذه الخلايا بعد الاستنساخ بالغة القيمة فى فهم كيف يمكن أن

تملى البيئة الخلوية على خلية ما الشروط التى تصب فى ارتباطها بالقيام بوظيفة متخصصة، كما هو الحال على سبيل المثال مع خلايا عصبية neuronales أو أيضا الخلايا الكيراتينية kératinocytes التى تشكل سطح بشرتنا.

ويسمح الاستنساخ أيضا بالتصدى لمسائل أساسية جديدة. وهذا هو الحال على سبيل المثال مع المسألة التى تتعلق بالدور المهم، ولكن المهمل إلى يومنا هذا: مسألة الجنين المبكر embryon فى النمو الجنينى الأنضج fœutal ونمو الصغير بعد الولادة. والبيئة مأخوذة هنا بمعنى واسع جدا لأن الأمر يمكن أن يتعلق ببيئة النواة مع سيتوبلازم البويضة، أو ببيئة الجنين المبكر المستنسخ مع وسط زرعه، أو ما يشكل البيئة الرحمية فى مجرى الحياة الجنينية الأنضج. ويبين الاستنساخ أن هذا التشكل بالتمايز المتعاقب épigenèse، أىْ مجموع الآليات التى تفرض نفسها على الآليات التى يحددها "دنا" والتى تؤثر فى سمة مميزة، يعمل فى الواقع منذ المراحل الأولى للنمو. وقد تجلى تأثير البيئة فى الأجل الطويل على نشاط النواة بطريقة مذهلة مع اثنتين من أبقارنا المستنسخة وكانت إحداهما البقرة مارجريت، المولودة فى الواقع بصورة طبيعية بعد استنساخ جسدى. وبعد شهرين من ولادتهما، ولنفرضْ فى لحظة الفطام sevrage لم يكن باستطاعة هذين الحيوانين تنشيط جهازهما المناعى وماتا بعد أيام من عدوى ممتدة مع غرغرينا سريعة جدا؛ وأظهر التشريح أن كل الوظائف كانت قد تطورت بصورة سوية باستثناء الوظيفة المناعية، نظرًا لأن الغدة الصعترية (= التيموسية) thymus لم تكن قد صارت ناضجة. ولم يكن من الممكن اكتشاف أىّ تشويه چينى فى الأنسجة، وكان بوسعنا أن نستخلص أن هذا الاختلال الفسيولوچى وجد منشأه فى نقل النواة الذى لم يستطع مع هذا أن يمنع تكوين وظائف أخرى للكائن الحى. ويبدأ الآن توثيق مظاهر متأخرة أخرى للاستنساخ: الكائنات الحية المستنسخة متحدرة من خلايا جسدية متمايزة تكون، عند الولادة، أثقل فى المتوسط من العجول المولودة بعد التلقيح الصناعى (٦ كجم فى المتوسط)، و٢٠ إلى ٣٠٪ من بينها يزيد وزنها بمقدار ١٠ إلى ٢٥ كجم مع مظاهر ذات نمط سكرىّ diabétique وتشوهات قلبية-وعائية.

ويبدو أن هذه الاختلالات الوظيفية ناتجة عن واقع أن الأجنة المستنسخة تتميز، بالمقارنة مع الأجنة العادية، بنمو يبدو أنه يتزامن بصعوبة مع تباينات الإمدادت الغذائية فى وسط رَحِمىّ. وأعمال إيقاف التزامن désynchronisations هذه ملحوظة أيضا بعد التكاثر العادى، ولكن بتكرار ضعيف، عندما تكون تغذية الأم سيئة التكيف مع حاجات الجنين المبكر. ويتبين أن المستنسخات البقرية نماذج جيدة من أجل أن نفهم بصورة أفضل الأصل الجنينى المبكر (وليس الچينى فقط) للفسيوپاثولوچيات السائدة فى نوعنا نحن.

ولأن الاستنساخ ينشأ فى وقت واحد من فصل dissociation بين نواة وسيتوپلازم، ومن تضاعف للكائنات العضوية المتماثلة چينيا، فإنه يجعل أيضا من الممكن دراسة الدور النوعى للچينات النووية فى تكوين وتحقيق السمات المميزة المعقدة مثل مقاومة بعض الأمراض، أو السلوك، أو الشيخوخة، وبالتالى فإن استخدام العديد من الحيوانات المتماثلة چينيا يسمح بالتمييز بصورة أفضل فى السمات المميزة لحيوان بين ما يرجع إلى چيناته وما يرجع إلى البيئة؛ وبكلمات أخرى، ما هو الجانب الفطرى وما هو الجانب المكتسب. كما ينبغى أن يسمح الاستنساخ بتحديد أهمية الميراث الميتوكوندريالى (السَّبْحِىّ) mitochondrial الأمومى وبالتعرف على الوظائف التى يمارسها سيتوپلازم البويضة فى مجرى النمو. وتبين تجارب عديدة أن الاندماج بين خلية جسدية من نوع وسيتوپلازم بويضة مستأصلة النواة من نوع آخر يسمح بتكوين جنين مبكر قادر على التمايز فى كيس البلاستولة. والواقع أن سلالات الخلايا الجنينية المبكرة يمكن تكوينها حتى بعد زرع أجنة مبكرة خيالية نعجة/بقرة، أو قرد/بقرة! ومعرفة ما إذا كانت مثل هذه الأجنة المبكرة يمكن أن تزرع أم لا، تعنى الفهم بصورة أفضل لما يشكل خصوصية نوع، واكتشاف أن تراكيب نيوكليوسيتوپلازمية nucléocytoplasmiques بعينها ربما ستكون قابلة للحياة تمامًا.

متشابهة، مختلفة: فيم تفيد الحيوانات المستنسخة؟

لن تتعلق التطبيقات الأولى للاستنساخ بالحصول على أعداد كبيرة من الحيوانات المستأنسة المتماثلة چينيا، مع تهديد إفقار فى الأعداد الحيوانية كما أشار بعضهم بمجرد الإعلان عن ميلاد النعجة دوللى، بقدر ما سوف تتعلق باستخدام ومساعدة المحافظة على التنوع الچينى. ولا تعدو المفارقة أن تكون ظاهرية وهى تبين على كل حال أن المخاوف الأولى ليست مبررة للغاية.

والأفق الأول للاستنساخ هو أن يصير أداة لتحويل الحيوانات عن طريق تقنية نقل الچينات الحيوانى la transgenèse animale. ولهذا سببان. يتعلق الأول بفعالية تقنية نقل الچينات. وتبين نجاحات أولى متحققة لدى النعجة، أو الماعز، أو البقرة، ميزة نقل الأنوية بالقياس إلى الحقن المجهرى micro-injection لـ"دنا" بصورة مباشرة إلى داخل البويضة (فى طور خلية). وهذه التقنية مستخدمة منذ أعوام عديدة من أجل الحصول على اندماج تسلسل "دنا" غريب (أجنبى) étranger داخل نواة مضيفة. وتسمح تقنية نقل الچينات بإنتاج جزيئات معقدة باستخدام هذا المحوّل البيولوچى biotransformateur العالى الكفاءة وهو الضرع وستكون إمكانيات عديدة لهذا النهج مطورة فى محاضرة ل.-م. أودبين L.-M.Houdebine وبالتالى فإنه لا مناص من أن يسهم الاستنساخ فى خفض تكلفة إنتاج جزيئات معقدة ذات فائدة صيدلانية من أجل الحصول على جزيئات ذات قيمة مضافة مرتفعة (على سبيل المثال مثل العامل IX الذى يتدخل فى عملية تجلط الدم)، أو الأجسام المضادة anticorps التى يمكن استخدامها بالتالى بصورة أوسع كثيرًا لغايات تتعلق بالتشخيص. وهذا ما يوضحه العجل "لوسيفر" Lucifer"، المولود فى يوليو ١٩٩٨ فى إنرا INRA. وفى هذه التجربة، قمنا بمقارنة فعالية الحقن المجهرى لچين غريب (أجنبى) transgène مع فعالية نقل أنوية خلايا جسدية محولة چينيا. وكان علينا أن نحقن أكثر من ألفين ومائة من الأجنة المبكرة فى طور "خلية" للحصول على جنين ناضج محوّل چينيا على حين أن نقل عشرين من

أكياس البلاستولة، تم الحصول عليها انطلاقًا فقط من مائة وخمسة وسبعين جنينـــا معادة التكوين كل منها بنواة محولة چينيا، كان كافيًا للحصول على "لوسيفر" مـــع تكلفة أقل ثلاثة إلى خمسة أمثال من تكلفة الحقن المجهرى. وهذا العجـــل حامـــل لچين مماثل لذلك الذى عند الحُباحِب le ver luisant، الذى تم إنتاجه من الـــضوء: لوسيفيراز la luciférase وقد تم صنعه بحيث يظهر الچين على مستوى الميـــراث الچينى فى كل الخلايا، ولكن فقط بعد إجهاد شديد. وعلى هذا النحو يكـــون لـــدينا حيوان نموذجى يمكن أن نقيس عليه بكل دقة حالة الإجهاد الشديد وهـــذا بطريقـــة غير هجومية لأنه يكفى أخذ عدة خلايا من الغشاء المخاطى الفمـــى علـــى ســـبيل المثال لإجراء الاختبار.

والسبب الثانى يتعلق بواقع أننا يمكن أن نتوقع، فى مستقبل لا شك فى أنـــه قريب، أن نستخدم الاستنساخ من أجل ضمان الأداء الجيد للچين الغريـــب، وإلـــى يومنا هذا فإن اندماجه بعد الحقن المجهرى أو بعد إدخال مادة چينية ڤيروسية فـــى خلايا transfection الچينات المانحة للأنوية قد حدث بالمصادفة، وأكثر الأحيـــان فى شكل نسَخ copies متعددة. وتؤثر هذه الاندماجات غيـــر المحكومـــة بـــصورة متكررة على نموذج تعبير[8] expression "دنا" الغريب وتعرض للخطر الجهـــود الطويلة اللازمة لإنتاج الحيوانات. وهى تسهم فى زيادة تواتر ظهور اضـــطرابات فسيولوچية، وهذا وضع لا يمكن أن يتسامح معه الاحترام الواجب لحيوانات التربية على أن واقع أنه يمكن استخدام عدد كبير من الخلايا المزروعة يسمح باللجوء إلى إستراتيچيات جزيئية لتوجيه اندماج الچين الغريب فى وجهة مختارة للچينوم ســـلفًا، على سبيل المثال منطقة تشجع فيها البيئة الكروماتينية (الصبغية) مستوى مرتفعًـــا من نشاطه. وبالتالى يصير الاستنساخ رهانًا للحصول بصورة مباشرة علـــى هـــذه الحيوانات المحوّلة چينيا باستخدام خلايا مانحة للأنوية حيث تكون سلاسل الچـــين الغريب سلاسل داخلية مختارة سلفًا. ومع الأخذ فى الاعتبـــار لعـــدد كبيـــر مـــن

(٨) Expression (التعبير الچينى): مجموع العمليات التى يُسجل عن طريقها چين فى "رنـــا – المرســـال" ويتجسد الأخير فى پروتين. (المترجم)

الانقسامات الضرورية من أجل انتخاب هذه التطورات النادرة للامتزاج الچينـــى[٩] recombinaison فإن الحصول على سلالات من الخلايا الكلية القدرة التى يمكـــن الإبقاء عليها أثناء فترات طويلة جدا فى الانقـــسام النـــشيط المختبـــرى ســـيكون ضروريا دون شك. وهذه الخلايا لا توجد إلى يومنا هذا إلا عند الفئران.

وسوف تتمثل ضرورة إضافية، على الأقل بالنسبة للأنواع المستأنسة، فـــى إزالة كل سلسلة "دنا" المستخدمة لتصنيف trier الخلايا حيـــث يحـــدث الامتـــزاج الچينى المتماثل بين السلاسل الداخلية المشار إليها والچين الغريـــب. وقـــد تـــسمح تكنولوچيات جديدة بالقيام على هذا النحو بتخليص الأنوية المانحة لهذه المـــساعِدات auxiliaires للتصنيع التى تتمثل فى چينات مقاومة المضادات الحيوية، أو الچينات الموجهة للأداء الفعال للچين الغريب. إنه إذن، مع الحيوان، أكثر مـــن مـــسألة أن يكون إنتاج كائنات عضوية معدلة چينيا عن طريق الترقيع bricolage كمـــا كـــان الحال مع النباتات. ويتمثل هدف البحث فى تقنية نقل الچينات الملائمة التى لن تقوم إلا بإحلال أليل[١٠] allèle محل آخر. وبالتالى فـــإن تطبيقـــات الاستنـــساخ لـــدى الحيوان سوف تفضى فى الممارسة العملية إلى تطوير تكنولوچيـــات تقنيـــة نقـــل الچينات، من أجل التشكيل بصورة مباشرة لحيوانات التربية وليس فقط للانتخـــاب بصورة أفضل للحيوانات الأفضل ابتداءً من أعداد كبيرة من الحيوانات مـــن نفـــس النمط الچينى[١١] génotype. ولفترة أولى، من المحتمل استخدام امتزاج الچينـــات المتماثل بين "دنا" الخارجى وسلاسل داخلية من أجل تطبيقات طبية، مثل التوصـــل على سبيل المثال إلى حيوانات متوافقة مناعيا immunocompatibles مع الإنسان (الخنزير) ومن أجل محاولة جعل ممارسة نقل خلايا/أنسجة/أعـــضاء حيـــة مـــن

---

(٩) Recombinaison (الامتزاج الجينى): امتزاج الچينات بما يؤدى إلى أن تظهر فى السلالة ســـمات لـــم تكن موجودة مجتمعة لدى الوالدين. (المترجم)

(١٠) allèle اختصار (allèlomorphe): أىّ چين من چينين متقابلين فى تعبير الـــنمط الچينـــى الظـــاهرى وكذلك فى الوظيفة ولكنهما يجتمعان فى التزاوج والإخصاب. (المترجم)

(١١) Génotype (الچينوتيپ، النمط الچينى): الميراث الچينى لفرد ويتوقف على چيناتـــه الموروثـــة مـــن والديه. (المترجم)

مصدر حيوانى غير بشرى إلى الإنسان xénotransplantation فعالة. وفى الأجل الأطول، فإن هندسة حقيقية للحيوانات المستأنسة هى التى قد تظهر وتجعل الطرق الكلاسيكية للانتخاب الحيوانى أسرع. كما أنه لا مناص من أن ينتهى الاستنساخ إلى إيجاد نماذج حيوانية جديدة من أجل تعميق معارفنا عن تنظيمات الوظائف الجديدة للكائن الحى وكذلك من أجل دراسة الأمراض التى اتضح أن اللجوء من أجلها إلى الفئران كنموذج أمر خادع.

غير أن الاستنساخ بدأ يُستخدم أيضا للمحافظة على الأنماط الچينية الحيوانية الاستثنائية. فالنيوزيلانديون على سبيل المثال حصلوا منذ فترة قصيرة على عجول مستنسخة عديدة ابتداءً من خلية مأخوذة من بقرة عمرها سبعة عشر عامًا، وكانت واحدة من أبقار باقية نادرة من قطيع تأقلم على مناخ بالغ القسوة لجزيرة بجنوب البلاد. وقد نسخ اليابانيون أيضا ثورًا فى الخامسة والثلاثين من عمره، وهو عمر مقبول لدى هذا النوع. وفى الحالتين، استطاع الحيوانان المستنسخان التناسل بصورة سوية تمامًا مما سمح بالتالى بإدخال هذين النمطين الچينيين المفيدين فى المخططات العامة الكلاسيكية فى الانتخاب الحيوانى. ومع زميل اختصاصى فى علم الوراثة من إنرا INRA، أوضحنا أنه يكفى استخدام حوالى خمسة، أو على الأكثر عشرة حيوانات مستنسخة من حيوان مفيد للوصول، ابتداءً من تدابير معدة للحيوانات المستنسخة ذاتها أو للحيوانات المتحدرة منها، إلى معرفة هى فى آن معًا أدق وأسرع بالقيمة الچينية للحيوان.

الحيوان، الإنسان:
الاستنساخ التكاثرى والاستنساخ العلاجى

مع الأمثلة المقدمة أعلاه، يكون الهدف هو الحصول على ولادة كائنات حية مستنسخة بعد أن تنقل، إلى أنثى حامل، أجنة مبكرة معادة التكوين تكون أنويتها الجسدية مأخوذة من كائن حى بالغ: هذا ما نسميه الاستنساخ التكاثرى

reproductive. غير أننا يمكن أيضا أن نتوقع عدم القيام بنقل الأجنة المبكرة المعادة التكوين وزرعها للحصول على سلالات لخلايا متعددة القدرات جنينية مبكرة أو متمايزة ستكون لها نفس السمات الچينية المميزة مثل سمات المانح: هذا ما نسميه الاستنساخ العلاجى thérapautique أو أيضا الاستنساخ غير التكاثرى، وهذا التمييز، الذى وضعته اللجنة الاستشارية الوطنية للأخلاقيات منذ ١٩٩٧، أساسى لفهم كيف يمكن تطبيق الاستنساخ على الإنسان.

وإلى يومنا هذا، توجد فى العالم بأسره حركة واسعة جدا لحظر الاستنساخ التكاثرى البشرى. ومنذ عامين، قامت تسعة عشر بلدًا أوروپيا بتوقيع پروتوكول يتضمن هذا التمييز. وبطبيعة الحال فإننا نستطيع دائمًا أن نبرر اللجوء فيما يتعلق بالإنسان إلى الاستنساخ التكاثرى: إنه سيسمح لنا على سبيل المثال بزيادة فرص الحَبَل grossesse عندما يمكن الحصول على جنين مبكر واحد فى المختبر، أو ببقاء السلالة البيولوچية فى حالة الإنجاب المستحيل. غير أن مثل هذه الممارسات، الممكنة تقنيا، قد تفتح الطريق أمام الإنجاب باستنساخ طفل يُشرف على الموت، وأمام إنجاب كائن مرتفع الثمن أو شخصية "استثنائية"، دون أن نتحدث عن حلم ولادة أطفال عديدين متماثلين چينيا. وعندئذ يبدو الاستنساخ الإنجابى على أنه ينظر إلى الشخصية البشرية على أنها وسيلة، ويمثل بالتالى طعنًا مهينا لكرامته. وهو يوقظ اليوم وعيًا شبه إجماعى بضرورة اتفاق دولى يهدف إلى فرض حظر عليه. ومن شأن إعلان مثل هذا الاتفاق أن يكون علامة على جبهة جديدة للنهج الإخلاقى فى مواكبة ومراقبة جبهة المعارف العلمية.

وعلى النقيض، يهدف الاستنساخ العلاجى إلى استخدام مختلف تمامًا لنقل الأنوية: استخدام يفتح الباب أمام أشكال جديدة من التطعيمات الذاتية autogreffes. والواقع أن الإعلان فى الولايات المتحدة عن النجاحات الأولى فى عزل سلالات الخلايا الكلية القدرات المحددة انطلاقًا من زراعة أكياس بلاستولة بشرية فائضة منحها للبحث أزواج وزوجات من المرضى (المتطوعين فى برنامج للإنجاب

المساعد طبيا) قد عزز إلى حد كبير الاهتمام بهذا النهج. وتتعلق الفكرة بالإنتـــاج، بنقل الأنوية، لكيس بلاستولة انطلاقًا على سبيل المثال من خلايا مانحة مأخوذة عن طريق الفحص الحيوى biopsie من مريض مصاب باللوكيميا، ثم زرع خلايا هذا الجنين المبكر dériver واستمداد مختلف الأنماط الخلوية التى تكون خلاياها أسلافًا لسلالة مكوِّنة للدم hématopoïéique؛ وعندئذ يغدو بمستطاع هذه الخلايا أن يُعاد، بدون خطر الرفض، إدخالها فى نخاع العظم للمريض بعد أن يكون قد تـــم ســـلفًا تعديلها چينيا لجعلها سليمة.

كذلك فإن الاستخدام الفعال للاستنساخ العلاجى سوف يجعل من الضرورى أيضا إجراء كثير من الأبحاث قبل أن يكون بالمستطاع أن يصير واقعًا غيـــر أنـــه واعد بتطبيقات طبية عديدة جدا، وبصورة خاصة مـــن أجـــل أمـــراض انحـــلال الأعصاب neurodégénératives. وهذا الشكل للاستنساخ يمكن بدوره ألا يكـــون سوى مرحلة انتقالية للبحث. وبالفعل فقد تبين لنا مـــؤخرا أن الخلايـــا الجزعيـــة المعزولة انطلاقًا من أنسجة متخصصة، أنسجة عصبية، أو دمويـــة، أو عـــضلية، يمكن أن تشهد إعادة توجيه مصيرها، عندما نقوم بصورة مباشرة بتعديل بيئتها فى المختبر دون أن نلجأ لهذا السبب إلى نقل الأنوية: على سبيل المثال بوضع خلايـــا عصبية فى الدورة الدموية للفأر، تكتسب هذه الخلايا نمطًا ظاهريا(١٢) phénotype لخلايا دموية. وآليات هذا التغير فى اتجاه التمايز الخلـــوى transdétermination التى تبدو أنماط عديدة من الخلايا الجسدية قادرة عليه ماتزال غير مفهومة إلى حد كبير. غير أن هذه النتائج الأخيرة تضعنا فى الواقع أمام جدال أخلاقى حقيقى يمكن أن يُصاغ فى شكل سؤالين.

من أجل تحديد سلالات لخلايا جنينية بشرية متعددة القدرات انطلاقًـــا مـــن أنوية خلايا جسدية، ينبغى أولا تحديد شروط الزرع التى سوف تـــسمح باشـــتقاق

---

(١٢) Phénotype (الفينوتيب، النمط الظاهرى): مجموع السمات الفردية الملائمة لتحقيق الچينوتيب وتحدده عوامل البيئة فى مجرد نمو الكائن الحى. (المترجم)

سلالات لخلايا انطلاقًا من كيس البلاستولة. وفى فرنسا فإن هذا مستحيل لأن كل بحث، حتى حول الأجنة المبكرة الفائضة surnuméraires لبرامج الإنجاب بالمساعدة الطبية، يحظره قانون الأخلاق البيولوچية bioéthique لعام ١٩٩٤. غير أن من المتوقع أن يعاد النظر قريبًا فى هذا القانون. *ومن هنا السؤال الأول* المطروح على السلطة التشريعية: هل ينبغى، آخذين فى الاعتبار المعطيات الجديدة فى البحث، أن نواصل حظر أم على العكس إباحة زرع هذه الأجنة المبكرة الفائضة، بالطبع مع رقابة ملائمة؟ ومن أجل تنفيذ الاستنساخ العلاجى، يجب إعادة تكوين الأجنة المبكرة وبالتالى تخليق، أجنة مبكرة بشرية، انطلاقًا من بويضات بشرية، من أجل حاجات البحث. وفى فرنسا، كما فى بلدان عديدة، فإن هذا التخليق "لكائنات بشرية محتملة" إذا استعدنا التعبير الذى تقترحه اللجنة الاستشارية الوطنية للأخلاق من أجل تعريف الوضع القانونى للجنين البشرى، محظور. *ومن هنا السؤال الثانى*، الأصعب دون شك: هل يمكن أن نقوم بالإباحة، حتى بصورة انتقالية، لتخليق الأجنة البشرية من أجل البحث؟ الحظر، الإباحة، يستدعى الاستنساخ العلاجى حاجة إضافية: الحاجة إلى أن نتعلم أن نقيس بقيمتها الصحيحة المنجزات البالغة السرعة لعالم العلوم التقنية هذا الذى ينتمى إليه الاستنساخ. وبين رفض كلى ودفاع أعمى، يغدو اتباع خط ذروة دون شك أكثر شجاعة: إنه الخط الذى بمحاذاته ينبغى، فى الوقت المرغوب، أن نقرر التقدم أو التقهقر. وضد الخوف، يصير مثل هذا النهج عملا حكيمًا.

خلاصة

فى أقل من ثلاثة أعوام، صار الاستنساخ الحيوانى أداة مستقلة تمامًا للبحث الأساسى. فهو يساعد فى التوصل إلى فهم أفضل لآليات التمايز الخلوى والطابع الجزيئى واللدونة (= قابلية التشكل) plasticité الوظيفية الكبيرة لچينوم خلايانا. كما أنه يوضح أيضا أننا لسنا سوى نتائج چيناتنا وأنه يجب السماح بفهم أفضل للطريقة التى تقوم بها بيئة الجنين المبكر، عند الثدييات، بتعديل مصيره. وفى

ارتباط مع تقنية نقل الچينات transgenèse، سوف يسمح الاستنساخ بتشكيل الحيوان وباستخدام هندسة حقيقية لچينومها. وعندها، سيتقدم العلم والتطبيقات بالفعل بصورة متلازمة، محوِّمين فوق السوق التى تعَدّ الحياة le vivant بالنسبة لها قبل كل شيء نشاطًا منجميا. وعندها، تلتقى العقول الفريدة التى تريد أن تفهم تعقيد تطور الفرد[١٣] ontogenèse بالمجازفات التى يُعَدّ أيضا العلم والتقنيات بالنسبة لها وسائل تأثير للإنسان على الحياة le vivant. وعندها تظهر استخدامات جديدة للحيوان الذى قد يعيد تعريف الحدود الخارجية لتصورنا عن الإنسان.

ومع الاستنساخ، يبدو أن النشاط العلمى يدخل فى مواجهة مع أساطيرنا المؤسسة الأكثر قوة: أسطور الخلود مع وعودها التى تمنح شبابًا أبديا؛ أسطورة القوة التى توفق بين آلهة تشكل الكائنات الحية فى جوارنا؛ وأخيرًا أسطورة القرين وبالتالى اللاتميز الذى يقود إلى الجريمة. وتبدو الأحلام الحديثة مستعدة للخروج من المختبرات، كما أن الخوف ولكن أيضا السحر اللذين يمارسهما الاستنساخ الحيوانى يبدوان على طول وسائل الإعلام. ولكن البقاء مُقسَّمين بين الإغراء والرعب، ليس نهائيا ما يرافق نظرتنا عندما نتناول هذا العالم الفريد من أجل أن نحس بجماله بصورة أفضل!

---

(١٣) ontogenèse أو ontogénie: تطور الفرد منذ تخصيب البيضة حتى حالة البلوغ/النضج. (المترجم)

تقنية نقل الچينات والتطفير الچينى والچينوم الوظيفى[١٤]

بقلم: دانييل ميتسچيه

Daniel METZGER

ترجمة: خليل كلفت

مقدمة

يتمثل أحد أهداف البيولوچيا الحديثة فى فهم الطريقة التى يمكن بهـا لكـائن حى معقد مثل الإنسان أن يتطور انطلاقًا من خلية، ويعيش فى بيئتـه، ويتناسـل. ومن الجلى أن برنامجا چينيا ينظم هذه التطورات، وأن الـ "دنا" (حمض ديوكسى ريبو النووى) هو دعامة المعلومات. وبالتالى فإن لفهم أهمية الآليات التـى تـنظم التكاثر والتمايز الخلويين فى الحالة السوية والمرضية أهمية رئيـسية. وتكتـسب الخلايا فى مجرى التطور وظائف متباينة. ويمثل نقل الچينـات[١٥] transgenèse والتطفير الچينى[١٦] mutagenèse أداتين جبارتين لدراسة هذه التطورات المعقـدة. وهما يسمحان أيضا بإنجاز نمـاذج حيوانيـة لپاثولوچيـات بـشرية، وبـاقتراح تشخيصات، وبالتحديد الدقيق لعلاجات. وأخيرًا فإن تقنية نقل الچينات ربما تكـون مستخدمة كوسيلة لإنتاج جزيئات بيولوچية مهمة.

---

(١٤) نص المحاضرة رقم ٢٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢٩ يناير ٢٠٠٠.

(١٥) transgenèse (نقل الچينات): تقنية للبيولوچيا الجزيئية هدفها تحويل چينوم كائن حى متلـق بإدخـال چين عليه. (المترجم)

(١٦) mutagenèse: تكوين الطفرات الچينية أو التطفير الچينى بإدخال عامل (فيزيائى) أو مادة (كيميائيـة) لإحداث/تسريع الطفرة. (المترجم)

و"دنا" جزىء دقيق يتألف من أربعة عناصر قاعدية، النيوكليوتيدات A,T,C,G. وهو موجود داخل نواة الخلايا فى صورة ثنائية السلسلة bicaténaire ويشكل الكروموزمات. وتتكون الچينات من سلاسل "دنا" التى تشفر للپروتينات ومن سلاسل "دنا" منظمة régulatrices (معززة enhancer/promoteur)، التى تسمح بتنظيم تعبير[17] expression المنطقة المشفِّرة codante. وتسمح آلية خلوية بتدوين المعلومات التى يحتوى عليها الچين فى جزئ أحادى السلسلة monocaténaire، نسميه "رنا - المرسال" RNAm (حمض ريبو النووى) . ويتحكم "رنا - الساعى" فى تسلسل الأحماض الأمينية فى ترتيب محدد، ويسمح على هذا النحو بتخليق پروتينات خاصة لها وظائف هيكلية، أو وضع الإشارات signalisation، أو نشاط إنزيمى.

ويملك كل فرد ميراثًا چينيا مختلفًا. ويصمم الچينوتيپ[18] (النمط الچينى) génotype المعلومات المميزة التى يحتوى عليها الچينوم الخاص بها. ويتألف الفينوتيپ[19] (النمط الظاهرى) phénotype من خصائص جسمانية مميزة ملحوظة لهذا الفرد، يقررها التكوين الچينى.

دراسة الچينات ووظائف البروتينات

وتسمح فروع علمية مختلفة بدراسة وظيفة الچين والپروتينات:

- الكيمياء الحيوية تسمح بدراسة بنية ووظيفة البروتينات فى المختبر in vitro.
- الصيدلانية تسمح بتحليل وظيفة البروتينات معدلا خصائصها عن طريق جزيئات

---

(١٧) expression (التعبير الچينى) مجموع العمليات التى يُسجّل عن طريقها چين فى "رنا - المرسال" RNAm ويتجسد الأخير فى پروتين. (المترجم)

(١٨) génotype (چينوتيپ، النمط الچينى): الميراث الچينى لفرد ويتوقف على چيناته الموروثة من والديه. (المترجم)

(١٩) phénotype (فينوتيپ، النمط الظاهرى): مجموع السمات الفردية المطابقة لتحقيق الچينوتيپ وتحدده عوامل الوسط فى نمو الكائن الحى. (المترجم)

صغيرة مثبتة فى بروتين بروابط خاصة غير تساهمية التكافؤ[٢٠] des ligands.

- علم الوراثة، عن طريق التطفير الچينى والتحويل الچينى، يعدل الچينوتيپ من أجل تحليل الفينوتيپ الناتج عن هذا التعديل. ويمكن تحقيق هذا الأخير عن طريق سلالات خلوية أو حيوانات مثل ذبابة الخل، أو الخيطيات، أو الدجاج، أو الفأر.

ومن الآن ولعدة أعوام، ستكون التسلسلات الكاملة لچينوم الإنسان والفأر قد تحددت. وسوف يسمح هذا بتوضيح عشرات الآلاف من الچينات المجهولة، التى سوف ينبغى اكتشاف وظيفتها على المستوى الجزيئى، والنسيجى وكذلك للكائن الحى بكامله. وإلى التقنيات الكلاسيكية للبيولوچيا الجزيئية والچينية تضاف معلوماتية بيولوچية تمثل أداة جبارة لمقارنة وتحليل تسلسلات "دنا" وسوف تقوم تقنية نقل الچينات (التحويل الچينى) بإكمال هذه التشكيلة بالإمكانية الكامنة المذهلة التى يقدمها للقدرة على التعديل حسب الطلب لأىّ چين مهما كان، والقدرة بالتالى على دراسة وظيفته الفسيولوچية على مستوى الكائن الحى بأكمله.

الفأر كنموذج حيوانى

لفهم وظيفة الچينات، من الأساسى إجراء دراسات چينية. والفأر نموذج حيوانى ملائم للغاية، لأنه قريب نسبيا من الإنسان. فالواقع أنه حيوان ثدييّ، كما أن مستوى چينومه وعدد چيناته مماثلان لنظيريهما عند الإنسان. وتربية الفأر سهلة نسبيا بسبب حجمه الصغير، ونضجه الجنسى السريع (٦ إلى ٨ أسابيع)، وفترة حمله القصيرة نسبيا (٣ أسابيع)، وتكلفته المعتدلة. وعلاوة على هذا فإن التقنيات التى تسمح بتعديل الچينوم عن طريق التحويل الچينى "الكلاسيكى" بهدف الإفراط فى تسجيل چين ثم تجسيده فى بروتين surexprimer أو تسجيل چين مطفر ثم

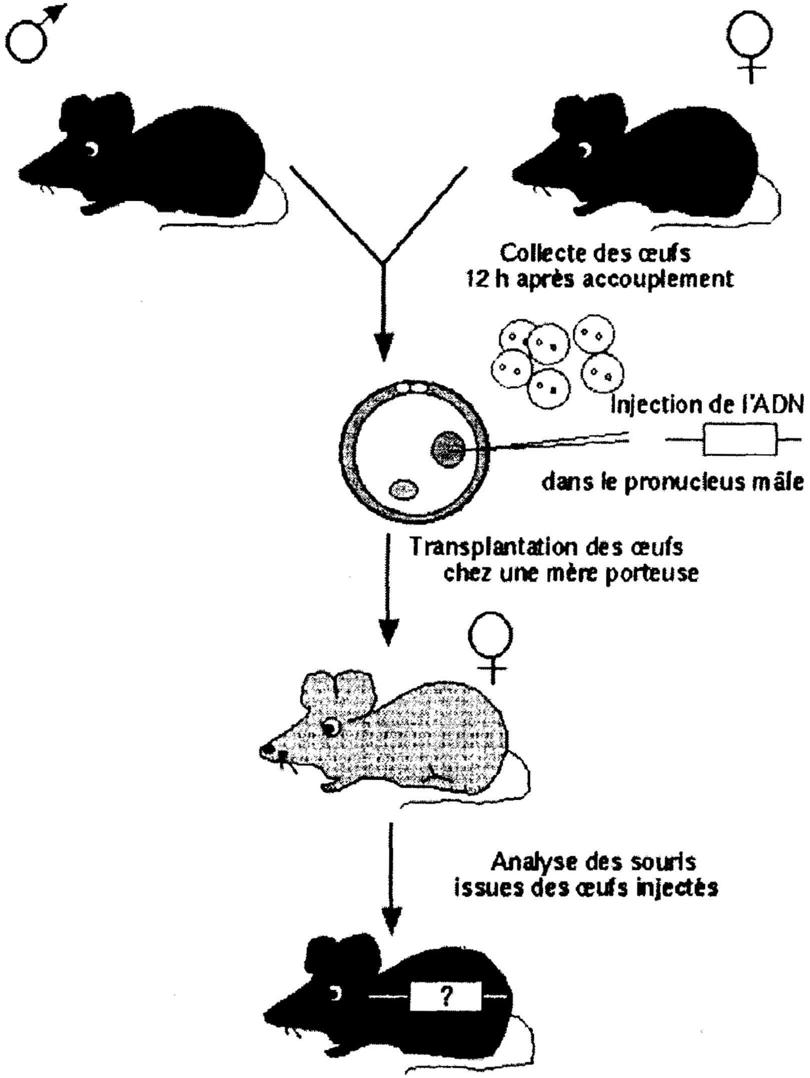
(٢٠) ligand (رابط غير تساهمى التكافؤ): جزئ صغير يلتصق ببروتين بارتباطات نوعية غير تساهمية التكافؤ. (المترجم)

تجسيده فى بروتين، وعن طريق الإلغاء النوعى لچينات إنما هى تقنيات متوفرة فى هذا الكائن الحى. وهذه الأدوات الچينية، التى نتجه إلى وصفها، تسمح لــيس فقــط على المستوى الجوهرى المتعلق بفهم أفضل لوظيفة الچينات، بــل أيــضا بإنتــاج حيوانات تحمل طفرات مماثلة لتلك الموجودة فى الأمــراض الوراثيــة البــشرية وبالتالى فإن تطابق الچينات المسئولة عن نواقص لدى الفــأر يــسمح لــيس فقــط بتسهيل التشخيصات وفهم الأمراض البشرية، بل أيضا بخلق نماذج حيوانية تــسمح بإجراء المحاولات العلاجية من أجل تسهيل تحديد العلاجات.

التحويل الچينى الكلاسيكى

يسمح التحويل الچينى "الكلاسيكى" بإدخال جزء مــن "دنــا" فــى الچينــوم والتعبير الچينى الذى يحمله. ولتكوين كائن حى محوّل چينيا لچــين معلــوم عــن طريق التحويل الچينى "الكلاسيكى"، فإنه يتم قبــل كــل شــيء استنــساخه cloné وتعديله فى المختبر للسماح بتعبيره الچينى. ويتم حقن الچين الــدقيق mini-gène (أو الچين الغريب/الأجنبى transgène) فى النــواة الأوليــة المــذكرة للبويــضة المخصّبة للفأرة، التى يُعاد زرعها بعد ذلك فى أمٍّ حاملة (الشكل ١). ويتم تحليــل الفئران الوليدة التى تخرج من هذه البويضات للتحقق من وجــود الچــين الغريــب وتعبيره. وبصورة عامة يكون الچين الغريب مندمجًا عشوائيا فى الچينــوم. ويــتم اختيار الفئران التى تحمل الچين الدقيق فى السلالة الرُشيْمية germinale لتكــوين سلالات محوّلة چينيا. ويجرى استخدام الچينات الدقيقة بوجه عــام للتعبيــر عــن بروتين نافع. ولكى يوجه تعبيره الچينى، يجب أن يكون التسلسل المشفــِّر للــ"دنا" مسبوقًا بتسلسل حافز للــ"دنا". كما يسمح التحويل الچينــى بدراســة التسلــسلات الحافزة promotrices وبوضع الحافز فى وضع أعلى من تسلسل مشفــِّر لبروتين قابل للعرض بسهولة (إنزيم، بروتين فلوريسنتى، إلخ.)، يكون من الــسهل تحديــد الأنماط الخلوية التى يجرى تعبير الچين فيها، وتسلسلات "دنا" التى تحــدد نوعيــة هذا التعبير. وبعض الحوافز فعالة فى كل الخلايا، فى حين أن الحــوافز الأخــرى

ليست فعالة إلا فى أنماط خلوية بعينها. وبالإضافة إلى هذا فإنها يمكـــن أن تكـــون فعالة فقط خلال بعض مراحل التطور أو الحياة البالغة، أو أن تكون قابلة للبحث.



الشكل (١)

تكوين الفئران المحولة جينيا - مخطط عام

وتستلزم الاختبارات manipulations الچينية لدى الفئران معدات متخصصة وعاملين ذوى تأهيل عال. ولتحديد سلالة محوّلة چينيا من الفئران، يستغرق الأمر قرابة عام. ورغم هذه الصعوبات فإن هذا النهج مستخدَم إلى حد كبير. ولنلاحظ مع هذا أن هذه التكنولوچيا لا تسمح بتعبير الچين الداخلى المنشأ. وفى نهاية ثمانينيات القرن العشرين، حلت محلها تكنولوچيا أخرى تسمح بوقف نشاط چين بعينه أو بإحلاله محل چين مطفر.

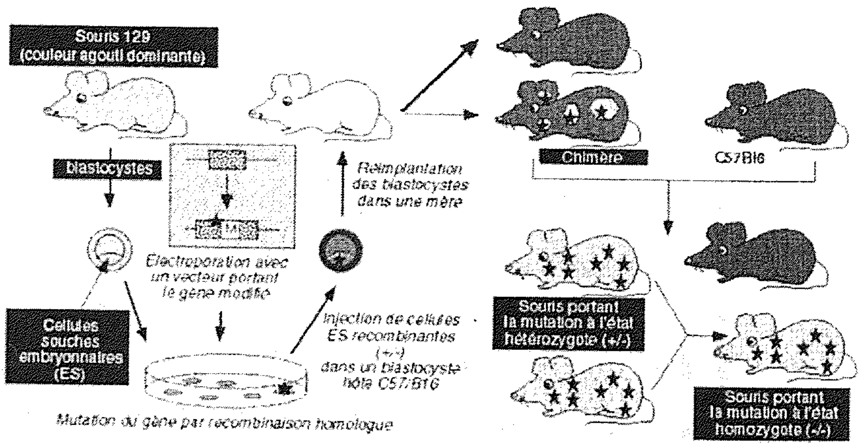
الإلغاء المستهدف للچينات

تسمح تقنيات الامتزاج الچينى المتماثل[٢١] recombinaison بتعديل چين بصورة نوعية، أىْ بإحلال چين يحمل طفرة محددة (على عكس التحويل الچينى الكلاسيكى، حيث يحدث اندماج الچين الغريب بصورة عشوائية) محل چين بعينه. وللقيام بهذا يجب أن يكون الچين مستنسخاً cloné وأن يكون التطفير حادثاً فى المختبر. كما يجرى دمج چين مقاوم لمضاد حيوى فى الجزء المطفر من "دنا". وبعد هذا يجرى إدخال الچين المطفر فى الخلايا عن طريق الإدخال الكهربائى electroporation. ولأن حوادث الإحلال عن طريق الامتزاج الچينى المتماثل نادرة جدا فى خلايا الثدييات، فإن الخلايا قبل الدمج فى الـ"دنا" تكون قبل كل شيء مختارة بمساعدة المضاد الحيوى الملائم لچين المقاومة الذى يتم دمجه فى الچين الغريب، ثم يجرى تحديد الخلايا التى حلت محل الچين المستهدف بالامتزاج الچينى المتماثل عن طريق تحليل "دنا" الخاص بها. ولتكوين فئران تحمل الطفرات المستهدفة، يجرى استخدام خلايا ES (cellules embryonnaires souches = خلايا جنينية جزعية). وهذه الخلايا، المعزولة من جنين مبكر النضج (كيس البلاستولة blastocyste)، تملك خاصية القدرة على أن تزرَع وتختبَر معمليا، مع المراعاة التامة لقدرتها على التمايز. وخلايا ES المعدلة عن طريق الامتزاج

---

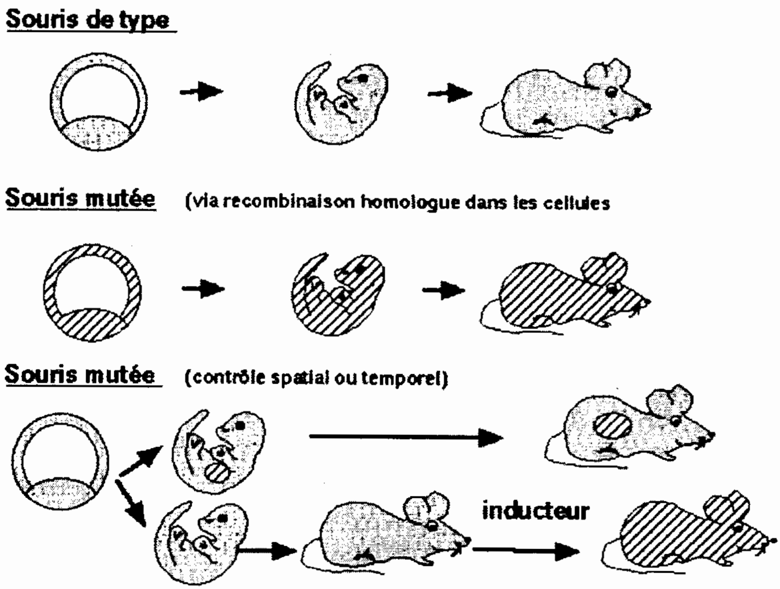
(٢١) recombinaison (الامتزاج الچينى): امتزاج الچينات مؤديا إلى أن تظهر فى السلالة سمات لم تكن موجودة لدى الوالدين. (المترجم)

الجينى المتماثل يُعاد إدخالها فى أكياس البلاستولة ، التى تجرى إعادة زراعتها فى فئران حوامل (الشكل ٢). ونظرا لأن خلايا ES متحدرة من جنين من سلالة فئران بُنية الشعر (سمة چينية سائدة) وأن أكياس البلاستولة المحقونة تنشأ عـــن فئـــران سوداء الشعر، فإن الفئران الوليدة، التى يكون جزء منها متحدرا مـــن خلايـــا ES المعدّلة، يمكن تمييزها بالبقع ذات اللون البنى على شعر أسود. وهـــذه الحيوانـــات خيالية chimérique ليس فقط على مستوى شعرها، بل أيضا من حيث الأعـــضاء الأخرى؛ فهى تتكون من خلايا ذات نمط وحشى وخلايا تحمل التعديل الچينى الذى جرى إدخاله فى خلايا ES. والحيوانات الخيالية التى تحمـــل الطفـــرة فـــى حالـــة الزيجوت المتغاير hétérozygote فى السلالة الرشيمية germinale يجرى التعرف عليها بعد التزاوُج مع فئران ذات شعر أسود، من خلال تحليل النمط الچينى للذرية ذات اللون البنى. والفئران التى تحمل نسختين من الچين المطفر muté (ولا تحمل بالتالى أية نسخة من الچين الوحشى) يتم الحصول عليها فى الجيـــل التـــالى، مـــن خلال تزاوُج الفئران البنية التى تحمل الطفرة فى حالة الزيجوت المتغـــاير hetero zygote بينها.



الشكل (٢)

تعطيل نشاط چينات عند الفأر



الشكل (٣)

التطفير الچينى الجسدى المستهدف

وبالتالى فإن تكنولوچيا إلغاء الچين عن طريق الامتزاج الچينى المتماثل (knock-out أو التطفير الچينى mutagemese المستهدف) (الشكل ٣) تسمح بإنتاج فئران تحمل طفرة محددة لچين بعينه فى كل خلايا الحيوان، من البيضة المخصبة حتى العمر البالغ. ولنلاحظ أن هذه التقنية ماتزال أكثر تعقيدا من التطور الچينى الكلاسيكى، وأنه يلزم حوالى عامين لتكوين سلالات فئران مطفرة عن طريق الامتزاج الچينى المتماثل. وبعد تدقيقها فى حوالى نهاية الثمانينيات من القرن العشرين، صارت هذه التقنية قوية جدا ومستخدمة على نطاق واسع فى العالم. وهناك أكثر من ألف من الچينات المطفرة عن طريق الامتزاج الچينى المتماثل فى الوقت الحاضر. ومع ذلك فإنها تنطوى على عدد من النواقص. والواقع أنه يحدث أن يكون الچين الملغى invalidé أساسيا للتطور الجنينى، مانعًا

لذلك إنتاج فئران بالغة حاملة للطفرة؛ وبالتالى فإن وظيفة هذا الچين لا يمكن أن تجرى دراستها عند البالغ. وعلى العكس، ففى بعض الحالات، لا يقوم إلغاء الچينات بِحَثّ الفينوتيپ. وقد ينتج هذا عن تعويضات وظيفية خلال التطور، وبصورة خاصة عندما ينتمى الچين إلى فصيلة من الچينات قبل وظائف مماثلة. وبالإضافة إلى هذا فعندما تجرى ملاحظة الفينوتيپ ، يكون من الصعب تحديد ما إذا كانت التشوهات على مستوى عضو أو نمط خلوى بعينه ناشئة عن غياب الچين فى هذا العضو أو بالأحرى عن غيابه فى بنيته الجنينية التى تمنع تكوين هذا العضو، على سبيل المثال، أو أيضا عن غياب عامل من عوامل النمو مركب synthetisé فى عضو آخر، لا غنى له عن وظيفة العضو المتأثر لدى البالغ. أما بالنسبة للچينات التى لها وظائف متنوعة، على مستوى الأعضاء العديدة، فإن الإلغاء يمكن أن تكون له تأثيرات عديدة، مما يعقد بالتالى تحليل وظيفة الچين على مستوى نمط خلوى بعينه. وأخيرًا فإن هذه التكنولوچيا لا تسمح بتكوين نماذج حيوانية جيدة لأمراض بشرية تسببها طفرات جسمانية (أىْ طفرات تظهر فى خلية فى مجرى الحياة) أو تراكم من الطفرات الجسمانية المتعددة الچينات، مثل السرطانات على سبيل المثال. وكان من المهم بالتالى تحديد منهج يسمح بالتطفير بصورة نوعية لچين بعينه، فى لحظة محددة وفى نمط خلوى بعينه لدى الفئران.

التطفير الچينى الجسدى المشروط

يقوم أحد الأنساق الواعدة للغاية فى مجال تحقيق الطفرات الچينية المشروطة على خواصّ پروتين ڤيروس آكل للبكتريا bactériophage، وهو "ريكومبيناز كرى"la recombinase Cre. والواقع أن "ريكومبيناز كرى" يميز بصورة نوعية تسلسلات "دنا" لأربعة وثلاثين زوجا من القواعد المسماة مواقع "لوكس پى" sites LoxP وهو يستأصل جزءًا من "دنا" محصورا بين موقعين من مواقع "لوكس پى" ويترك فى مكانه موقع "لوكس پى". و"ريكومبيناز كرى" فعال ليس فقط لدى البكتريات، بل كذلك لدى الخميرة، والنباتات والحيوانات. وتسمح

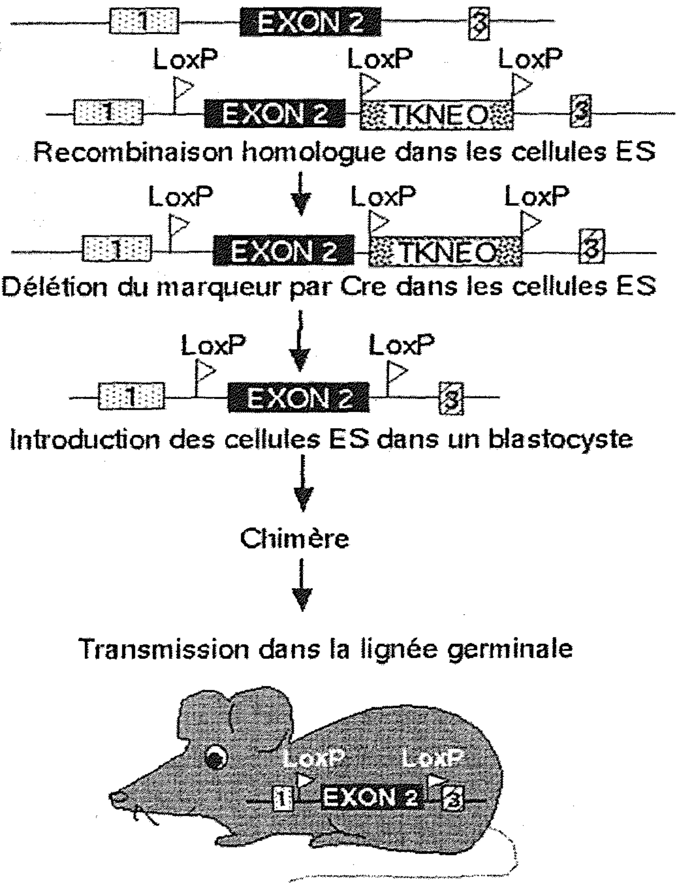
تقنيات التحويل الچينى "الكلاسيكى" لدى الفئران بتوجيه تعبير "ريكومبيناز كــرى" فى نمط خلوى بعينه، أو تنشيط تعبيره بمساعدة مُحثِـات inducteurs، باســتخدام مثيرات ملائمة. ويمكن إدخال مواقع "لوكس پى" فى چين بعينه لدى الفئران عــن طريق الامتزاج الچينى المتماثل للچينات داخل خلايا ES. ويمكن تحقيــق طفــرة الچين الحامل لمواقع "لوكس پى" إما فى نمط خلوى بعينه (ولكــن دون الــسيطرة على اللحظة)، وإما فى لحظة مختارة (ولكن داخل كل خلايا الكائن الحى)، حــسب السمات المميزة للمثير المستخدم للتعبير عن "ريكومبيناز كرى" (الشكل ٤). وهــذا التطفير الچينى نوعى، لأن الچينات التى لا تحمل مواقع "لوكس پى" لا تتأثر، غير أنها لا تسمح بامتلاك سيطرة مكانية - زمانية على طفرة الچين المستهدف.

وللحصول على سيطرة مكانية - زمانية (الشكل ٥) لكبح مقطع مــن "دنــا" واقع بين مواقع "لوكس پى"، حددنا فى المعمل پروتينًا خياليا chimérique يحتوى على "ريكومبيناز كرى" وحقل پروتين نشاطه قابل للحث عن طريق (منطقة اتصال بمتلقى الأوستروچينات[٢٢] œstrogènes). وفى غياب المــُحِث (أوســتراديول[٢٣] œstradiol). يكون هذا البروتين الخيالى (كــرى- إر Cri-ER) خامــدًا. وعلــى النقيض، عندما تجرى معالجة الخلايا بالأوستراديول، فإن نشاط "الريكومبيناز" يتم حثه، مما يؤدى إلى الكبح النوعى لمقطع "دنا" بما فى ذلك ما بين مواقــع "لــوكس پى". وقد جرى تعديل البروتين الخيالى فى مرة ثانية لإنتاج "ريكومبينــاز" يــسمى "كرى-إرت" $Cri\text{-}ER^T$، وهو قابل للتنشيط بواسطة رابط صناعى غيــر تــساهمى التكافؤ un ligand synthétique، مثل تاموكسيفين (تــام) (Tamoxifène (Tam)، ولكن أكثر عن طريق روابط داخلية غير تساهمية التكــافؤ ligands endogènes (مثلا الأوستراديول)، الأمر الذى لا مناص من أن يؤدى إلى تنشيط غير مــسيطر عليه للــ"ريكومبيناز" الخيالى.

---

(٢٢) œstrogène (أوستروچين): الهرمون المثير للدورة النزوية لدى إناث الثدييات. (المترجم)

(٢٣) œstradiol (أوسترادول): الأوستروچين الطبيعى الأقوى وتفرزه أكياس المبايض. (المترجم)



الشكل (٤)

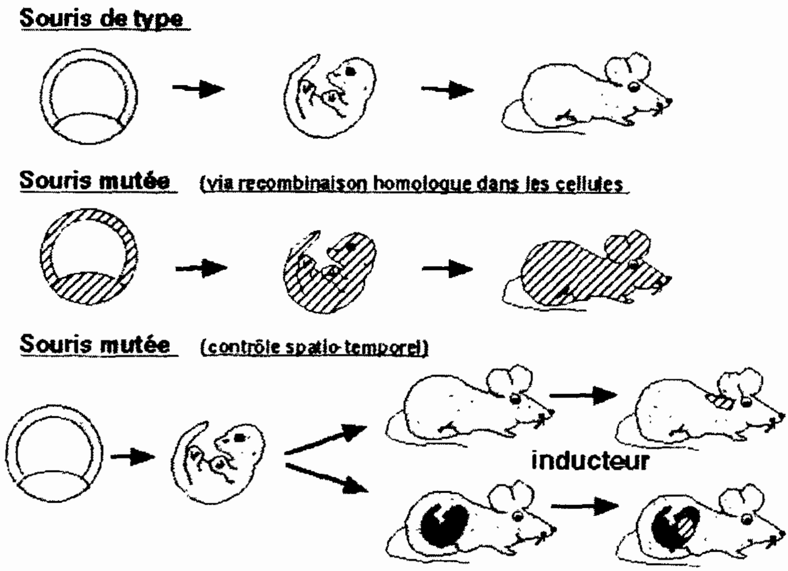
التطفير الجينى الجسدى المشروط لدى الفأر

ولاختبار فعالية هذا الـ"ريكومبيناز" الخيالى لدى الفئـران، جـرى تحديـد فئران محولة جينيا تعبر عن "كرى-إرتى" تحت سيطرة مثير فيروسى، نشيط فـى أنماط خلوية عديدة. ولإظهار نشاط البروتين، جرى تزويج هذه الفئـران بفئـران تحمـل جينًـا غريبًـا "لاك ز" LacZ مـشفـرٍ لإنـزيم، جالاكتوزيـداز-ß- ß galactosidase ينتج تلوينا أزرق فى وجود أساس substrat. ويقـوم تسلسل

"stop" محاط بموقعين "لوكس پى"، يجرى إدخاله بين المثير والچين "لاك ز" بعرقلة تعبيره. وعندما يكون "كرى-إرت" نشيطا، فإن التسلسل "stop" يجرى استئصاله، ويجرى التعبير عن الچين "لاك ز". وفى البشرة، لا يكون المثير المستخدم للتعبير عن "كرى-إرت" وظيفيا إلا فى خلايا الشرائح العليا. وفى غياب "كرى-إرت"، فإنه لا يستبين أىّ تلوين أزرق على مقاطع بشرة الحيوانات المحولة چينيا. وعلى النقيض، فبعد يومين أو ثلاثة أيام من العلاج بالتاموكسيفين، تقدم كل خلايا الشريحة العليا للبشرة تلوينا أزرق، يبين أن الچين "لاك ز" معبر عنه، وبالتالى فإن كبح مقطع "دنا" الموضوع بين مواقع "لوكس پى" جرى حثه فى نمط خلوى معين وفى لحظة مختارة لدى هذه الحيوانات. ومن أجل تحقيق تطفير چينى جسدى مشروط لدى الفأر، يكفى إذن إحاطة الچين المستهدف، أو مناطق أساسية من هذا الچين، بمواقع "لوكس پى" عن طريق الامتزاج الچينى المتماثل فى خلايا ES (الشكل ٦) ومن أجل إزالة مسجّل المقاومة الضرورية لانتخاب خلايا

ES الممتزجة چينيا، ولكن القادرة على التدخل فى تعبير الچين، فإن هذا الأخير ذاته محاط بمواقع "لوكس پى". وعلى هذا النحو فإنه عن طريق التعبير الچينى عن "ريكومبيناز كرى" بطريقة عابرة فى خلايا ES المعدلة عن طريق الامتزاج الچينى المتماثل، يمكن أن يتم تمييز خلايا قامت بصورة اختيارية باستئصال مسجل الانتخاب. وبالتالى فإن التعديل الچينى الوحيد الموجود فى خلايا ES هذه يتمثل فى إدخال موقعين من مواقع "لوكس پى" فى الچين المستهدف، حيث إن من الجلى أن هذين الموقعين موضوعان بطريقة لا تخلّ بأى حال بتعبير الچين. ويتم بعد ذلك تحديد فئران تحمل هذا التعديل انطلاقا من هذه الخلايا؛ وهى تقدم نمطًا ظاهريا (فينوتيپ) للنمط الوحشى، لأن الچين نشيط دائمًا. ويتم بعد ذلك تزويجها بفئران محولة چينيا معبرة عن الـ"ريكومبيناز كرى-إرت" داخل الخلايا المستهدفة، بفضل مثير نشيط بصورة انتخابية داخل هذه الخلايا. وكبح التسلسلات الموجودة بين مواقع "لوكس پى" يمكن إذن حثه عن طريق مجرد علاج الحيوانات بالتاموكسيفين. ولا تتعرض الچينات الأخرى داخل هذه الخلايا لأىّ تعديل. وداخل

الخلايا حيث يكون "كرى-إرت" غير المعبر عنه، من الجلى أننا لن نجد أىّ تعـديل چينى.

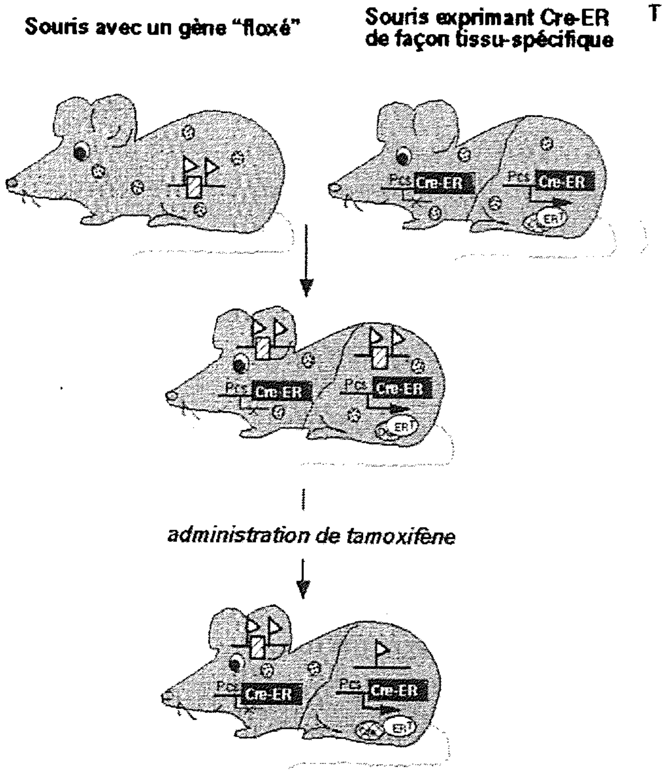


الشكل (٥)

التطفير الچينى الجسدى

وعلى هذا النحو، توجد الأدوات التى تسمح بصورة نوعية بإلغاء چين معين فى لحظة مختارة. كما أن للفئران المحولة چينيـا "كـرى-إرت" $Cre\text{-}ER^T$ فائـدة كبرى فيما يتعلق بتحقيق سيطرة مكانية-زمانية على تعبير چين غريب. وبالفعـل فإنه باستخدام إستراتيچية مماثلة لتلك المستخدمة أعلاه بالنسبة للچين "لاك ز"، مـن الممكن الحث بصورة نوعية لتعبير چين غريب من أجل دراسة وظيفتـه. ومـن الممكن كذلك حث التعبير الخاص بچين سُمِّىّ فى سلالة خلوية محـددة، وبالتـالى الكبح بصورة نوعية للأنماط الخلوية لدى الفأر، من أجل دراسة الدور الفسيولوچى لهذه الخلايا داخل كائن عضوى معقد. ومن جهة أخرى فإنه باستقراء تعبير مسجل فى لحظة معينة، من الممكن تتبُّع السلالات المتحدرة من خلية فى مجرى النمـو،

أىْ صنُنع نسب خلوى. وأخيرًا فبإحاطة چين غريب بمواقع "لوكس پى"، يغدو مـــن الممكن أن نقوم، بمحض إرادتنا، بإلغاء تعبير هذا الچين.



الشكل (٦)

التطفير الچينى الجسدى المشروط المسيطر عليه بطريقة مكانية-زمانية

خلاصة

فى الوقت الحاضر، يملك العلماء إذن تحت تصرفهم عددًا من الأدوات من أجل تعديل چينوم الفأر، عن طريق التطوير الچينى "الكلاسيكى"، عن طريق الإلغاء المستهدف للچين، ومؤخرًا جدا عن طريق التطفير الچينى الجسدى المشروط. وهذه التقنيات بالغة التعقيد وباهظة التكلفة، غير أن لها تطبيقات بالغة الأهمية. ولنلاحظ مع هذا القيود الرئيسية المرتبطة باستخدام الفأر من أجل تحقيق نماذج حيوانية للأمراض البشرية. والواقع أن النمط الظاهرى الذى نحصل عليه بعد إلغاء چين ليس بالضرورة مطابقًا للمرض الچينى البشرى المناظر. وقد يكون هذا مرتبطًا بطرق كيميائية حيوية مختلفة بين النوعين، أو بحشو وظيفى أكثر أهمية لدى الفأر منها لدى الإنسان. وبالإضافة إلى هذا فإن بعض طرق وضع الإشارات signalisation قد تكون غائبة أو مختلفة من نوع إلى آخر. ونظرًا لأن تنظيم المخ ليس متطابقًا لدى الفأر والإنسان، فإن النتائج الناشئة عن دراسات أجريت لدى الفأر لن تكون قابلة للنقل مباشرة إلى الإنسان. وأخيرًا فنظرًا إلى أن مدة حياة الفأر أقصر كثيرًا من مدة حياة الإنسان، فإن الفأر ليس، بوجه عام، النموذج الأفضل لدراسة الأمراض الانحلالية dégénératives. كذلك فإن تقنيات التحويل الچينى تخضع لقيود جوهرية. وبالفعل فإن التسلسلات المشفرة للچين تكون مستخدمة بوجه عام، ومستنسخة إلى أسفل منطقة مثيرة ومن هنا فإن بعض عناصر التعبير الچينى تكون غائبة، مما يفضى إلى مستويات أو جوانب للتعبير مختلفة عن تلك الخاصة بالچين الداخلى. كما أن موقع اندماج التحويل الچينى يمكن أن يحث تعديلات لتعبير الچين الغريب.

وفى أكثر من دراسة لوظيفة الچينات، ولتنظيم تعبيرها، ولتكوين نماذج حيوانية لأمراض بشرية، تكون للتحويل الچينى تطبيقات أخرى، خاصة إنتاج جزيئات ذات أهمية بيولوجية. وفى هذه الحالة، تستخدم عادة كائنات حية أكبر من الفأر، على سبيل المثال النعجة، أو الأرنب، أو البقرة. ومع هذا فإن التطفير الچينى

المستهدف للچينات ليس قابلا للتحقيق فى الوقت الحالى لدى هذه الحيوانات، حيث إن تقنيات الامتزاج الچينى المتماثل فى الخلايا الجزعية غير متوفرة. كما ستكون لتقنيات التطفير الچينى المستخدمة لدى الفأر تطبيقات مثيرة فى العلاج الچينى. وبالفعل فإن من المتوقع إحلال الچينات المطفرة، أو توجيه تعبير التحويل الچينى، فى الخلايا الجسمانية الناقصة المأخوذة من أمراض، وإعادة حقنها، بعد التعديل الچينى، فى هؤلاء المرضى. وبالتالى فإن التحويل الوراثى، والتعديل الوراثى، والچينوم الوظيفى يجب أن تكون لها ثمار إيجابية عديدة للصحة البشرية. وحيث إن هذه التقنيات أكثر من واعدة جدا فإنها يجب أن تقدم الآن أدلتها بشأن الفعالية فى الأجل الطويل وعدم إلحاق الأضرار مطلقًا بالبشر.

نقل الچينات وتطبيقاته[٢٤]

بقلم: لوى-مارى أودبين

Louis-Marie HOUDEBINE

ترجمة: خليل كلفت

جعلتنا اكتشافات الخمسين عامًا السابقة نعتاد فكرة أن الحياة ليست سوى مجموع من التفاعلات الفيزيائية-الكيميائية التى تجرى داخل نطاقات مُحْكمة الحدود، وهى الخلايا. وهذه التأثيرات تحْدِثها بجانب كبير منها پروتينات (إنزيمات، عوامل دموية، هرمونات، أجسام مضادة، إلخ.). وتتألف پروتينات كل الكائنات الحية من نفس الأحماض الأمينية العشرين المتجمعة بعضها وراء بعض لتشكل سلاسل ذات أطوال مختلفة جدا. ويمكن أن تحتوى البروتينات على بعض الوحدات وحتى بضعة آلاف من الوحدات الأمينية. وعدد التوافيق النظرية للأحماض الأمينية العشرين كبير جدا ولا يمثل مجموع البروتينات الموجودة سوى جانب ضئيل من هذه الإمكانيات. ويرتبط النشاط البيولوچى للپروتينات ارتباطًا مباشرًا بتسلسل الأحماض الأمينية ولكنْ بطريقة بالغة التعقيد. والسلاسل التى تشكل البروتينات تلتوى بطرق عديدة يحددها تسلسل الأحماض الأمينية. وهذه الالتواءات تشكل المواقع النشيطة للپروتينات.

وقد ترافق اكتشاف البروتينات باتضاح وجود جزيىء موجود فى كل مكان فى الكائنات الحية: حمض ديوكسى ريبو نيوكلييك l'acide désoxyribonucléique أو "دنا" DNA الذى يحتوى على المعلومات الوراثية.

---

(٢٤)نص المحاضرة رقم ٣٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣٠ يناير ٢٠٠٠.

ويتألف هذا الجزئ من رابطة من الفوسفات والديوكسى ريبوز désoxyribose تكون معلقة عليها أربع أبنية تسمى قواعد bases ويُرمز إليها بحروف ATGC.

وقد أوضحت ملاحظات كثيرة أن الچين تقوم بتكوينه منطقة من سلسلة "دنا" وأن الچين يتطابق بصورة أساسية مع پروتين. وسمحت دراسات تصنيفية بإثبات أن تعاقب القواعد داخل چين يحدد بصورة مباشرة تسلسل الأحماض الأمينية للپروتين المناظر وفقًا لشفرة شاملة: الشفرة الچينية. وعلى هذا النحو تحدد ثلاث قواعد متعاقبة أىّ حمض أمينى يجب أن يشارك فى تكوين الپروتين.

وبالتالى يمكن النظر إلى "دنا" على أنه بنك معلومات تستخدمه الخلية حسب حاجاتها من الپروتينات. وتتكون نسخة من چين فى شكل حمض ريبونيوكلييك الساعى acide ribonucléicque messager "رنا المرسال" RNAm بناء على طلب الخلية ويجرى فك شفرتها من أجل تركيب الپروتين المناظر. وهذه الحقائق الثابتة منذ حوالى أربعين عامًا حددت بالفعل كل مبدأ الهندسة الوراثية. وبالفعل، إذا كانت الرسائل الچينية التى يحتوى عليها "دنا" غير محددة إلا بتعاقب القواعد الأربعة فإنه يجب أن يكون ممكنا تعديل هذه الرسائل بل حتى إعادة خلقها بمجرد أن نملك ناصية كيمياء "دنا" والواقع أن التقنيات الأساسية التى تسمح بتطويع "دنا" على هذا النحو جرى تحديدها منذ ما يزيد الآن قليلا على عشرين عامًا وولدت معها الهندسة الوراثية التى صارت من الآن فصاعدًا أداة واسعة الاستخدام للغاية فى معامل عديدة.

ومن المسلم به أنه توجد استمرارية صارمة بين المادة غير المنظمة التى سبقت الانفجار العظيم big bang منذ خمسة عشر مليار عام والمادة البالغة التنظيم التى تؤلف الكائنات الحية التى ظهرت على الأرض منذ أربعة مليارات عام. وتمثل المعادن حالة من التعقيد المتوسط.

والكائنات الحية هى بدورها ذات تعقيد بالغ التغير يزداد من البكتريات إلى الثدييات وإلى الإنسان مرورًا بالخمائر والنباتات. وبصورة منطقية للغاية، نكتشف

أن الكائنات الحية الأكثر تعقيدًا هى تلك التى لها العدد الأكبر من الچينات. وهكذا فإن للبكتريات من ٣٥٠ إلى ٤٠٠٠ چين، والخمائر حوالى ٦٠٠٠، وأحد أصغر الحيوانات المعروفة بفصيلة النيما تودا (الخيطيات) ١٩٠٩٩، والنباتات حوالى ٢٠٠٠٠، والإنسان حوالى ١٠٠٠٠٠ (وسوف يُعرف الرقم القريب من الحقيقة فى غضون عام ٢٠٠٠). وهذه المعطيات كاشفة بصورة خاصة للطريقة التى جرى بها التطور من أجل نشوء الأنواع المختلفة. والواقع أن الثدييات أكثر تعقيدًا بكثير من البكتريات غير أنها لا تزيد عليها مع هذا إلا بخمسين ضعفًا من الچينات. ويعرف علماء البيولوچيا بالفعل أن الچينات، والپروتينات، والجزيئات، التى تنشأ منها قادرة على التفاعل بطريقة متزايدة التعقيد كلما صار الكائن الحى ذاته أكثر تطورًا. وبالتالى فإن تعقيد الكائن الحى ينشأ على الأقل من توافيق متزايدة التعقيد للجزيئات يؤلفها بقدر ما ينشأ من تراكم معلومات چينية أولية.

من الچينات إلى الهندسة الوراثية

لهذه الوقائع تأثير مباشر وعميق على الخبرات التى تنطوى عليها الهندسة الوراثية. وتسمح التقنيات الراهنة عمليا virtuellement بفصل أىّ چين مهما كان، ودراسة بنيته، وتعديله، وإعادة إدخاله فى خلية أو كائن حى. وهذه العملية الأخيرة من العمليات الأكثر أساسية. وبالفعل فإن الچين يمكن تشبيهه بشريط ممغنط. فكلاهما يحتويان على رسائل خطية مشفرة وسهلة التغيير. وهذه الرسائل هى فى حد ذاتها خامدة. وليست لها أهمية إلا بالنواتج الناشئة عنها: صورة أو صوت فى حالة، پروتين فى حالة أخرى. وعلى كل حال يوجد اختلاف جوهرى بين هذين النظامين؛ قارئ الشريط الممغنط لا مبالٍ بالرسالة التى يفك شفرتها وليس هذا هو الحال فى أغلب الأحيان بالنسبة للچينات إلى حدّ أن الپروتينات يمكن أن تؤثر على الخلية أو على الكائن الحى بكامله اللذين يقوم بتركيبهما.

ويمكن تشبيه الچين إلى حد ما بكمپيوتر صغير يحتوى على رسالة محددة. وبالتالى فإن إدخال چين معزول فى خلية ومن باب أولى a fortriori فى كائن حى

بأكمله يعيد ربط الكمبيوتر الصغير بشبكة من الكمبيوترات الصغيرة المترابطة والمتفاعلة بالفعل. ومثل هذا الدخول يمكنه أن يقوم بتخصيب الشبكة بطريقة متسقة أو على العكس أن يقوم بإيقاع الفوضى بعمق فى أدائها.

وتقنية نقل الجينات(٢٥) transgenèse عملية تتمثل فى إضافة چين غريب (أجنبى) étranger إلى كائن حى محدد بكامله (نباتات أو حيوانات) أو فى إحلال چين آخر محل أحد چيناته. ومن الواضح تماما أنه فى هذه الحالة أو الأخرى، لا يمكن أن تكون نتائج نقل الچينات متوقعة سلفا بصورة كاملة مثلما تكون معروفة خصائص الچين الغريب (الأجنبى) والبروتين المناظر. وبالتالى فإن نقل الچينات هو فى جوهره عودة إلى المعقد au complexe، حيث إن فصل چين ودراسته فى المختبر in vitro يمثلان على العكس دراسة اختزالية بصورة مقصودة. وبالتالى فإن النتائج المنطقية لنقل الچينات بصورة قبلية a priori تكون بصورة لا يمكن تفاديها غير معروفة جزئيا. والحقيقة أن إدارة المعقد الذى تمثله الزراعة وتربية الماشية تمثل نشاطًا مألوفًا جدا بالنسبة للمجتمعات البشرية. ويتمثل الانتخاب الچينى كلاسيكيا فى كشف النتائج البيولوچية المهمة (التكاثر، مقاومة الأمراض، ..إلخ) التى تظهر بصورة عفوية لدى بعض الأفراد عشوائيا من إعادة توزيع الچينات عند التكاثر الجنسى والطفرات الناتجة عن أخطاء فى نسْخ "دنا". والحقيقة أن التناسل الممتاز للأفراد المحبوِّين بصفات بيولوچية جذابة يقود بالتدريج إلى تأسيس السلالات أو الأعراق. وهذه الطريقة فى الانتخاب أثبتت أهميتها إلى حدّ كبير ونحن نستفيد منها بشدة. ويمثل الانتخاب الكلاسيكى على كل حال عملية تتحقق فى أكثر الأحيان بصورة عشوائية. وبالفعل فإن القائم بالانتخاب لا يعرف فى أكثر الأحيان شيئا عن الچينات التى انتخبها ولا عن نتائجها الفردية. إن النتيجة العامة وحدها تؤخذ عادة فى الاعتبار. ويتمثل تبديل الكرموزومات فى الخلايا

(٢٥) transgenèse (نقل أو تقنية نقل الچينات): تقنية للبيولوچيا الجزيئية هدفها تحويل چينوم كائن حى متلق بإضافة چين إليه أو إحلاله فيه. (المترجم)

الرُّشيمية germinales فى إعادة توزيع چينات القرابة بطريقة عشوائية. وهذا ما يفسر كون أطفال نفس الزوجين مختلفين. ويتعلق تبديل كرموزومات القرابة بفصوص طويلة من "دنا" تحمل چينات عديدة متلاصقة. وبالتالى فإن انتخاب چين له فائدة بيولوچية متوقعة يترافق بصورة لا يمكن تفاديها مع الانتخاب المشترك لچينات متجاورة غير معروفة لا تكون نتائجها حسنة دائمًا. وعلى هذا النحو فإن ثيرانًا، وذكور خنازير، ..إلخ، محتفظ بها كفحول [للتعشير] نظرًا لاحتمالاتها الوراثية المفيدة يتضح أحيانًا فى الاستعمال أنها تحمل كذلك چينًا ضارًّا تمامًا بالنسبة للتربية. وبالتالى يجب القضاء على هذه الفحول وأحيانًا ليس بدون أن يجلب هذا خسائر مالية كبيرة. ويصح الشيء نفسه على الانتخاب النباتى.

ويتفادى نقل الچينات، بصورة جوهرية، جزءًا مهما من هذه النتائج غير المتوقعة. ذلك أن نقل الچينات الذى يمثله له نتائج متوقعة بجانبها الأكبر، بقدر ما تكون صفات الچين الغريب نفسها معروفة. ومن جهة أخرى فإن نقل الچينات لا يتطابق إلا مع تعديل چينى وحيد للكائن الحى. وبالتالى فإن نقل الچينات منظورًا إليه على هذا النحو يكون من حيث المبدأ أقل عشوائية من الانتخاب الكلاسيكى. ومع أخذ كل شيء فى الاعتبار، فإن الطفرات التى يتم الحصول عليها عن طريق نقل الچينات ليست بصورة عامة أكثر تعقيدًا من تلك التى تحدثها الآليات الطبيعية فى كل دورة للتكاثر. وإدارة الكائنات الحية المحولة چينيا يمكن بالتالى أن تستلهم إدارة الكائنات الحية التى يحدثها الانتخاب الكلاسيكى.

تقنيات نقل الچينات

ليس نقل چين معزول إلى كائن حى ظاهرة عفوية إلا بصورة استثنائية. وإذا لم يكن هذا هو الحال، ما كان من الممكن أن تكون وحدة الأنواع واقعًا حيث إن الكائنات الحية تكون فى أغلب الأحيان فى اتصال مباشر مع "دنا" الأنواع الأخرى. والڤيروسات التى لا تتألف إلا من بضعة چينات مرتبطة ببروتينات لها

قدرة استثنائية على النفاذ إلى داخل الخلايا. وهذه العملية التى نسميها عدوى تعَدّ أساسية بالنسبة للفيروس الذى يجب حتمًا أن يستخدم الآلية الخلوية التى حُرِمَ منها لكى ينسخ نفسه. وبالتالى يحتاج إدخال الچين الغريب المخصص للحصول كائنات حية محولة چينيا إلى طرق تجريبية متباينة. ويتمثل الأكثر استخدامًا لدى الحيوانات فى إجراء حقَن صغير microinjection مباشر للچين المعزول فى محلول داخل نواة أو ستيوپلازم جنين فى طور خلية. وفى نسبة صغيرة من الحالات (فى حدود ١٪) سوف يندمج الچين الغريب فى "دنا" الجنين وينتقل على هذا النحو إلى الخلايا المتحدرة منه ثم إلى ذريته.

وهذه الطريقة لا يمكن تطبيقها على النباتات. وهناك تقنيتان يجرى استخدامهما فى أكثر الأحيان فى هذه الحالة. وتتمثل إحداهما فى إدخال الچين الغريب فى ناقل للعدوى مأخوذ من بكتريا. وتنفذ هذه البكتريا بسهولة إلى داخل الخلية النباتية وتندمج فى "دنا" الخاص بها. ويجرى استخدام الطريقة الأخرى للنباتات التى لا تستطيع الاستفادة بناقل العدوى. وهى تتمثل فى الإدخال بالقوة لميكروبيلات microbilles معدنية مغلفة بـ "دنا" يحتوى على الچين الغريب فى الخلايا النباتية عن طريق القذف بسرعة عالية. وفى كل من الحالتين، يجب أن يعقب نقل الچين تجديد كامل لنبات انطلاقًا من خلية تكون قد تعرضت للتعديل الچينى.

وإضافة چين هى العملية الأكثر بساطة كما أنها الأكثر تطبيقًا بكثير. وينعقد الأمل كذلك بشدة على الإحلال الخاص لچين. فهو يسمح فى التطبيق بإحلال چين فى كائن حى محل چين خامد (وهذا الأخير يعود إذن إلى إلغاء چين من الكائن الحى بالانتخاب) أو محل چين نشيط آخر. وهذه العملية ليست ممكنة فى الواقع إلا عند الحيوانات (والكائنات الحية الدقيقة). وهى تعنى فى الواقع أن الـ"دنا" الغريب الذى يحتوى على چين الإحلال يتعرف بصورة نوعية جدا على الچين المستهدَف حتى يستطيع أن يحلّ محله عن طريق عملية امتزاج چينى[٢٦] recombinaison

(٢٦) recombinaison (الامتزاج الچينى): امتزاج الچينات مؤديًا إلى أن تظهر فى السلالة سمات لم تكن

متماثل. وهذه العملية لا تتوّج فى نهاية المطاف بالنجاح إلا إذا استطاعت الخلية التى حدث فيها الإحلال أن تنتج كائنًا حيا بكامله. وهذا التجدد المعتاد بصورة شائعة للغاية لدى عدد كبير من النباتات صعب بصورة خاصة لدى الحيوانات. وفى التطبيق فإن الخلية الحيوانية المعدلة يجب أن تكون خلية جنين مبكر النضج قادرة، حالما يتم إدخالها فى جنين مضيف مبكر النضج، على المشاركة فى تطور الكائن الحى إلى أن يتم نقل الطفرة إلى السلالة. وهذه الطريقة الشاقة مستخدمة منذ أكثر من عشرة أعوام ولكنْ، لأسباب تقنية، لدى الفأر فقط. وبالتالى فإن إحلال الچين عن طريق إعادة ترتيب مماثلة جرى تخصيصه خلال عقد من الأعوام لهذا النوع وحده.

وهناك نهج آخر بالغ الإغراء يمكن من حيث المبدأ أن يستند إلى تقنية استنساخ الحيوانات. وتتمثل هذه التقنية التى تم ضبطها منذ حوالى خمسة عشر عامًا فى إعادة تشكيل المعادل لجنين بإدخال مجموع الحيوانات المتحدرة من نفس الجزع (السلالة) stock المزدوج لكرموزومات خلية فى بويضة أنثوية غير ناضجة ovocyte مستأصلة النواة قبل كل شيء. وخلال وقت طويل لم يكن هذا ممكنًا إلا انطلاقًا من خلايا جنينية غير متمايزة (كاملة القدرة[٢٧] totipotentes) وغير مزروعة. وقد سمحت تحسينات تقنية ضئيلة بالحصول على مستنسخات clones النعاج انطلاقًا من خلايا جنينية مزروعة كاملة القدرة (قبل ولادة النعجة دوللى Dolly بعام) ثم انطلاقًا من خلايا جنينية fœtales متمايزة وأخيرًا من خلايا بالغة. وقد أجريت هذه التجارب بصورة أساسية لمحاولة تبسيط تقنية نقل الچينات. وبالفعل فإن من الممكن من حيث المبدأ نقل چينات غريبة إلى داخل خلايا مزروعة تستخدم بعد ذلك من أجل إيجاد حيوانات تصير محولة چينيا. وعلى هذا النحو فإن إضافة چينات توّجت بالنجاح (ولادة پوللى Polly) بعد ولادة دوللى بعام

موجودة مجتمعة لدى الوالدين. (المترجم)

(٢٧) totipotent (كامل القدرة): وصف لخلايا جنينية غير متمايزة بعد قادرة على أن تتطور إلى كائن حى بكامله، مثلا: المشيج (خلية تناسلية جنسية). (المترجم)

واحد. وفى عام ١٩٩٩، أمكن الحصول على إحلال چينات لدى النعاج عن طريق الامتزاج الچينى المتماثل بنفس الطريقة.

وقد جرى تبسيط إضافة چينات على هذا النحو وصار إحلال چينات ممكنًا لدى الحيوانات المجترة الأليفة ومن المرجح جدا لدى أنواع أخرى فى المستقبل.

وأجزاء "دنا" التى جرى استخدامها من أجل نقل الچينات مصنوعة بصورة عامة فى المختبر من أجل توجيه التعبير[٢٨] expression للچين الغريب (الأجنبى) بصورة خاصة إلى داخل نسيج بعينه. والمعرفة المحدودة التى نملكها فى الحقيقة بنمط أداء الچينات ماتزال لا تسمح إلا بنهج تجريبى empirique عقلانى فى تكوين الچينات الغريبة (الأجنبية) المقبلة. وهناك منجزات سريعة أخيرة فى هذا المجال تدعنا نتوقع فى مستقبل قريب جدا سيطرة مُرْضية على أداء الچينات الغريبة فى معظم الحالات.

تطبيقات تقنية نقل الچينات

منذ بداياته لدى الحيوانات فى ١٩٨١ ثم فى ١٩٨٣ لدى النباتات، كان يجرى تعريف تقنية نقل الچينات transgenèse قبل كل شيء على أنها أداة بحث. والواقع أن إضافة أو سحب معلومة چينية فى كائن حى بكامله أداة لا مناص منها لتحديد الآليات الجزيئية التى تسيطر على أداء الچينات ودور الچينات ذاتها فى التعبير الچينى عن الوظائف البيولوچية. والواقع أن التحديد المنهجى والمكثف لچينات بعض الكائنات الحية عن طريق التحديد الكامل لترتيب تسلسلات "دنا" الخاص بها سوف يعقبه منطقيا استخدام أكثف لنقل الچينات لدى بعض الكائنات الحية النموذجية مثل الفأر والتبغ.

---

(٢٨) expression (التعبير الچينى): مجموع عمليات نقل چين إلى داخل "رنا" ويتجسد هذا الأخير فى پروتين. (المترجم)

والحقيقة أن السيطرة على الحياة du vivant التى يمثلها نقل الچينات جعلت تطبيقات جديدة ممكنة فى مجال الطب وعلم الزراعة. كما أن دراسة الأمراض البشرية لا يمكن أن تستغنى عن نماذج حيوانية. والنماذج الملائمة الناتجة عن الطفرات العفوية نادرة. وفى أفضل الأحوال، يمكن الحصول على نماذج ثمينة بصورة خاصة عن طريق إضافة أو إحلال چينات. والفأر على وجه الخصوص هو المطلوب بسبب التكلفة الضئيلة لاستخدامه. وهناك أنواع أخرى تكون ضرورية أحيانًا لأسباب شتى، وهذه على وجه الخصوص حالة الجُرَذ، والأرنب، والخنزير، والرئيسات[٢٩] primates غير البشرية. وفى الآونة الأخيرة صار هذا النهج التجريبى أبسط وأكثر فائدة كإمكانية كامنة فى أعقاب تحسين تقنيات نقل الچينات.

وقد ظلت الحيوانات والنباتات منذ أزمنة سحيقة مصدر المواد التى حبتها الطبيعة بخصائص صيدلانية. وهذه المواد لم تكن، فى السابق، بروتينات إلا بصورة نادرة. وإلى عهد قريب فى الواقع، كان عدد صغير نسبيا من البروتينات معروفًا وكان قلة منها فقط هى التى يمكن استخلاصها ليتناولها الإنسان. كانت هذه حالة إنسولين الخنزير لعلاج مرضى السُكر. وتقدم الهندسة الوراثية الإمكانية للاستحضار بالفعل لأىّ بروتين مهما كان بوفرة عن طريق نقل البروتين المناظر إلى داخل بكتريات، أو خمائر، أو نباتات، أو حيوانات. ويأتى إنسولين وهرمون النمو البشرى من الآن فصاعدًا بصورة أساسية من بكتريات ممتزجة چينيا. كما جرى الحصول على عشرات عديدة من البروتينات ذات الأهمية الصيدلانية انطلاقًا من لبن الحيوانات أو من النباتات المحولة چينيا. ومن المتوقع أن يوضع أول بروتين مستخلص على هذا النحو من اللبن فى الأسواق فى عام ٢٠٠٠. وسوف تعقب مواد أخرى كثيرة ويمكن أن نعتبر أن فرعًا جديدًا من الصناعة الصيدلانية قد نشأ.

---

(٢٩) primates (الرئيسات): رتبة من الثدييات البشرية وغير البشرية. (المترجم)

ويمكن أن يلعب نقل الچينات دورًا حاسمًا فى مجال تطعيمات الأعضاء. ويموت عدة آلاف شخص كل عام فى فرنسا بسبب نقص الطعم البشرى. والواقع أن استحالة العلاج القائمة والتى سوف تستمر وقتًا طويلا دون شك فى هذا الموقف أبرزت فكرة قديمة بالفعل. إن بعض أعضاء أو خلايا الحيوانات وبصورة خاصة أعضاء أو خلايا الخنزير من المحتمل أن يكون من الممكن استخدامها بدلا من المواد البشرية. والواقع أن الرفض العنيف للغاية للأعضاء الحيوانية منع التطعيمات غير البشرية xénogreffes(٣٠) إلى الآن من أن تصير واقعًا. وقد جرى تحقيق نجاحات جزئية ولكن فعلية حقا فى العقد الأخير من القرن العشرين. فقلوب وكلى الخنازير المعالجة چينيا التى تؤوى چينات قادرة على كبح جهاز المتمم complément(٣١) البشرى المسئول عن الرفض البالغ الحدّة للعناصر الغريبة (الأجنبية) استطاعت أن تظل باقية، ومندمجة، خلال عدة أسابيع بعد أن جرى تطعيمها من قرود.

وتبقى عقبات كثيرة، تشمل مجال معرفة آليات الرفض، ينبغى اجتيازها بحيث يصير الطعمْ غير البشرى واقعًا طبيا. وعلى كل حال فإن الطعمْ غير البشرى يمكن فى المستقبل أن يخص الخلايا الأكثر خضوعا للرفض أكثر من الأعضاء. والإثبات الحديث لواقع أن الخلايا الجنينية البشرية يمكن أن تتمايز فى المختبر إلى خلايا جزعية للأعضاء يدعنا نعتقد أن الخلايا البشرية المعدّة بهذه الطريقة قد تستخدم فى المستقبل بدلا من مثيلاتها ذات الأصل الخنزيرى. ويدفع الموقف الراهن إلى أن نتصوَّر أن الطعم غير البشرى أو الطعم انطلاقًا من الخلايا البشرية المتمايزة قد يجرى الاحتفاظ بها كوسيلة علاجية حالة بحالة حسب المشكلات التى ينبغى حلها. إن نقل چينات إلى داخل خلايا أو عن طريق تقنية نقل الچينات قد يسمح للخلايا الخنزيرية ليس فقط بتقبلها بصورة أفضل بل أيضا بجلب

---

(٣٠) xénogreffes: التطعيمات من مصدر حيوانى غير بشرى مزروعة فى الإنسان. (المترجم)

(٣١) complément (المتمم): مادة معقدة مكونة من پروتينات عديدة موجودة فى المصل ويستقر فى الأجسام المضادة. (المترجم)

بروتينات ذات مفعول علاجى. وبالتالى فقد يتحقق علاج چينى فى نفس الوقت مع علاج خلوى.

وتبدأ التطبيقات الزراعية لنقل الچينات فى أن تكون بالغة الأهمية، فيما يتعلق بالنباتات. وهى، لأسباب تقنية، ناشئة منذ وقت قصير جدا لدى الحيوانات. ويسمح نقل الچينات فى حالات بعينها بمنح النباتات والحيوانات مقاومة ضد الأمراض. ويتجسد هذا أو سوف يتجسد فى أدنى استخدام للمبيدات الحشرية والمضادات الحيوية وكذلك فى تبسيط لمهمة المزارعين ومربى الماشية. ومقاومة الحيوانات للأمراض التى صارت على هذا النحو قابلة للنقل چينيا أمامها من جهة أخرى كل فرص الحدّ من معاناة الحيوانات، والسماح باستهلاك لحوم أكثر صحية، وإنقاص تواتر أمراض الزونوز zoonoses.(٣٢)

وبعض مشروعات نقل الچينات ليس لها هدف آخر سوى خفض التلوث. وعلى هذا النحو فإن الخنازير التجريبية المحولة چينيا ترفض أقل مثلين من الفوسفات فى البيئة. وهناك نباتات محولة چينيا جرى تصميمها بصورة خاصة بحيث تحبس بعض الإيونات المعدنية السامة الموجودة بصورة عفوية فى التربة أو المتولدة فى أعقاب نشاط صناعى.

كما جرى الحصول عن طريق نقل الچينات على نباتات قادرة على أن تنمو فى تربات مالحة وقلوية غير صالحة للزراعة. ويسمح هذا بالتطلع إلى غزو أراض جديدة.

والتعديل الطوعى لتركيب النباتات والحيوانات عن طريق تقنية نقل الچينات يمكن أن يسمح بأن يُقدَّم للمستهلكين أغذية أغنى بالعناصر الأساسية بل حتى أطيب مذاقًا. وهناك مثال بليغ هو الأرز الذهبى اللون القادر على أن يجلب المزيد من ڤيتامين [أ] لأربعمائة مليون من الكائنات البشرية الذين يفتقرون إليه ويكونون

---

(٣٢) zoonose (زونوز): مرض حيوانى ينتقل بالعدوى إلى الإنسان. (المترجم)

مهددين بأن يصيروا عمياناً وكذلك من الحديد لأربعة مليارات من الأشخاص الذين يعانون نقص التغذية. ولابد من القيام بنقل چينات عديدة لتحقيق هذه الغاية.

كما أن من المتوقع إجراء تحسينات شتى للمنتجات الحيوانية. وهى تتعلق بتركيب اللبن، والدهون، والهيكل العظمى، والصوف، ..إلخ.

ومن المفيد أن نذكر أيضا أن النباتات التى هى الآن المصدر للجزيئات غير المخصصة للتغذية البشرية أو الحيوانية سوف يجرى بصورة متزايدة ترويضها لتفيد كقاعدة لتصنيع اللدائن المتحللة بيولوچيا biodegradables، والوقود، ..إلخ، كما أن نقل الچينات يمكن أن يقدم فى بعض الحالات حلولا فريدة أو أصلية ومُرْضية للغاية.

المشكلات التى يطرحها نقل الچينات

والواقع أن نقل الچينات يُنظر إليه بصورة خاصة من حيث تطبيقاته الهامشية جدا ولكن المذهلة فى مجال التغذية البشرية. والكائنات الحية المعدلة چينيا organismes génétiquement modifiés لها سمعة سيئة جدا. وهذا الواقع لا ينفك يدهش غالبية علماء البيولوچيا الذين يعتبرون أن تقنية نقل الچينات المطبقة على الغذاء هى بصورة قبلية a priori واحدة من التقنيات الجبارة الأقل خطورة التى اخترعتها البشرية. حقا إن كائناً حيا محولا چينيا هو بحكم التعريف غير معروف جزئيا، غير أن هذا هو الحال أيضا مع كائن حى يتم الحصول عليه عن طريق الانتخاب الكلاسيكى أو مع غذاء مجلوب. ولابد لاختبارات كلاسيكية للسُمِّية toxicité، والسرطنة oncogénicité، والأليرچية (الاستهدافية، الحساسية) allergénicité، مقترنة بقدرة تتبُّع traçabilité معقولة من أن تكون قادرة على خفض المخاطر إلى مستوى أدنى بكثير من المستوى الخاص بتقنيات كثيرة أخرى مقبولة تمامًا بصورة عامة. ولا جدال فى أن بعض النباتات، محولة وراثيا أم لا،

تطرح مشكلات بيئية لا يمكن تقييم أهميتها بسهولة. والواقع أنه لا يمكن للنماذج المعملية إلا بصعوبة أن تأخذ في اعتبارها بطريقة مُرْضية عوامل ثابتة paramètres مثل المكان والزمان. ويواجه خبراء البيوتكنولوچيا بعض الصعوبات في تصور كيف يمكن لأعمالهم في مجال الأجرونوميا أن تقلل الضحايا بمقدار عشرة أمثال أو مائة أمثال ضحايا السيارات. والتحفظات الراهنة لدى المستهلكين ليست على كل حال غير مفهومة. ذلك أن كل مستحدث يخيف. والإدانات الراهنة للكائنات الحية المعدلة وراثيا تشبه تلك التي أثارتها اللقاحات منذ قرن. صحيح أن التضليل الإعلامي الذي وصل إلى مستوى غير مألوف لم يقم إلا بتغذية التشويش. والواقع أن النقاد إزاء الكائنات الحية المعدلة وراثيا مدفوعون في كثير من الأحيان ضد المجتمع الليبرالي السيىء التنظيم أكثر مما ضد التقنية نفسها. كما أن الكائنات الحية المعدلة وراثيا تغطي في الوقت الراهن تكاليفها. صحيح أن استخدامها لا ينبغي أن يسقط تحت سلطة الشركات التي تحتفظ باحتكارات فعلية. ويبين الحصول على الأرز الذهبي اللون الذي يموله الاتحاد الأوروپي ومؤسسة روكيفيلر أن الموقف أكثر انفتاحًا وتنوعًا بكثير مما يدعي البعض. كما أن تحفظات البلدان الغنية إزاء الكائنات الحية المعدلة وراثيا لا تشاطر فيها تلك البلدان التي تعاني نقصًا غذائيا. ويستهلك الصينيون أو يستخدمون في الواقع سبعة نباتات محولة وراثيا. ولا يبدو أن هذه الزراعات تحدث بلا ضوابط. والواقع أن المزارعين الصينين يستندون إلى نتائج التجارب التي أجريت في البلدان المتقدمة وخاصة في الولايات المتحدة. ولا يمكن لمستقبل الزراعة أن يرتكز على عودة إلى التقنيات القديمة، تمامًا كما أن الطب التقليدي لا يمكن أن يكون علاجًا لبعض انحرافات التطبيقات الطبية الحديثة. ويبدو تطبيق معقول للتقنيات الأجرونومية الحديثة، بما في ذلك تقنية نقل الچينات، أكثر ملاءمة. وإزاء الطلب المتزايد من المستهلكين البشر، يدعو مبدأ الاحتياط إلى أن نضع تحت تصرفنا كل تقنيات نقل الچينات للوصول إلى الحد الأمثل بالمنتجات النباتية والحيوانية، مع احتمال عدم استخدامها إذا تبين أنه توجد بدائل حالة بحالة فعالة بنفس القدر.

ونقل الچينات مطبقا على النوع البشرى ممكن من حيث المبدأ. فكل العالم أو كله تقريبًا يتفق على اعتبار أن مثل هذه العملية لا ينبغى أن تقتضى أىّ مخاطرة تقنية ولا تتعلق إلا بأنشطة علاجية. والشرط الأول غير مستوف فى واقع الأمر غير أننا يمكن أن نتصور أن هذا سيكون هو الحال ذات يوم. والعلاجات الچينية الرشيمية germinale لا يمكن أن تتعلق بصورة معقولة إلا بإحلال الچينات المسئولة عن الأمراض البشرية بمثيلاتها غير المطفورة mutés. وهذا النوع من العملية صعب، ومن المحتمل أن يبقى صعبًا، وينبغى أن تقترن بضوابط صارمة لضمان أن التعديل الوراثى المحث هو بالضبط نفس التعديل الذى توقعناه. وهذا النهج العلاجى قد يدخل فى تنافس مباشر مع تصنيف الأجنة التى تحمل الچينات المعيبة. وهناك مجال واسع لاعتقاد أن الحل الثانى سوف يبدو فى أغلب الأحيان أنه المُرْضى أكثر.

والحقيقة أن تعديل الميراث الچينى لكائن بشرى غير مخصص بصورة صارمة لإحلال چين سليم محل چين معيب يبدو من الصعب توقعه بلا مخاطرة. وتبدو إضافة چين، لمنح مقاومة إزاء مرض مُعْدٍ، مغرية للوهلة الأولى. فلا أحد يمكن أن يتوقع سلفًا كل تأثيرات نقل الچينات كما أن ما هو مقبول من أجل الحيوانات والنباتات لا يعود كذلك من أجل النوع البشرى. ومن المعقول إجراء نقل الچينات القابلة للرجوع. ولا يبدو هذا كافيًا لتبرير استخدام هذه التقنية من أجل النوع البشرى.

وربما ستجد الأجيال التى سوف تأتى بعدنا من المشروع والمأمول تعديل الميراث الچينى البشرى لشتى أنواع الأسباب المعقولة. وفى الواقع يمكن على سبيل المثال أن نأمل فى أن تكون الكائنات البشرية أهدأ وأقل شراسة تجاه نظائرهم أو بصورة أكثر تواضعًا فى أن يتمتعوا بشيخوخة مريحة بيولوچيا. وليس من المؤكد فى شيء أن نقل الچينات يستطيع، فى أفضل الأحوال، أن يأتى بحل لمشكلات معقدة إلى هذا الحد. ومهما يكن من شيء فلا شك فى أنه سيكون من الغرور أن نقوم بالإدانة سلفًا لقرارات ذريتنا. ويكفينا، فى الواقع، أن نكون متوافقين تمامًا مع اقتناعاتنا الراهنة. فهى تبين لنا دون إبهام أن نقل الچينات لا يجب تطبيقه على النوع البشرى.

الرهانات الأخلاقية
لعلم الوراثة[٣٣]

بقلم: أكسيل كاهان

Axel KAHN

ترجمة: خليل كلفت

كان لعلوم الحياة دائمًا صدى فردى واجتماعى وأحيانًا سياسى بالغ الخصوصية. ذلك أن العالم الحى، الذى ينتمى إليه الإنسان، يُنظر إليه تقليديا على أنه يرتبط بالمجال الإلهى. وفضلا عن هذا فإن المذهب الحيوى، وهو نسق فكرى يستبعد جوهر حياة العمليات النفسية-الكيميائية وينطبق على عالم الجماد، استمر حتى بداية قرننا، باقيا بالتالى خلال قرون عديدة من أعوام نشأة الروح العلمية فى أوروبا إلى القرن السابع عشر.

وفى القرن التاسع عشر، أطلقت نظرية التطور، التى تنطبق على الإنسان وتجرده بالتالى من امتياز خلقه على صورة الرب، موجة من الصدمة ماتزال نتائجها ملموسة اليوم. والواقع أن الأيديولوچيات الكبرى التى ميزت القرن العشرين، وبصورة خاصة الإيوچينية[٣٤] eugénisme والعنصرية، استعارت بكثافة من علم التطور ما بدا لها أنه ذو طابع يعزز أفكارها المسبقة.

---

(٣٣)نص المحاضرة رقم ٣١ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣١ يناير ٢٠٠٠.

(٣٤)(نسبة إلى) إيوچينية eugénisme أو إيوچينيك eugénique: علم وتقنية وسائل تحسين نسل النوع البشرى سعيا وراء استحداث صفات إيجابية (الإيوچينيك الإيجابى) أو إزالة الأمراض الوراثية (الإيوچينيك السلبى)، وكلمة eugenics وهى الاسم الإنجليزى لهذا العلم من نحت مؤسسه العالم الإنجليزى فرانسيس جالتون Francis Galton ١٨٢٢-١٩١١. (المترجم)

وعلم الوراثة، أىْ دراسة القوانين التى تحكم انتقال الصفات الوراثية، مايزال علمًا أحدث حيث إنه، بعد أن نشأ من أعمال جريجور مندل Gregor Mendel فى ١٨٦٥، لم تجر إعادة اكتشافه، بصورة مستقلة عن تلك الأعمال، إلا فى بداية القرن العشرين. والحقيقة أن علم الوراثة قام بتعديل مفهوم الأيديولوچيات ذات الجذور الراسخة فى تصوُّر منحرف عن التطور أكثر مما قام بخلقها. ومع ذلك فإن هذا العلم، مطبَّقًا على الإنسان، قد تشبث كهدف له بأن يحدد أصلِ الصفات البشرية، والتشابهات والاختلافات، وانتقالها عبر النسل. ومن المحتمل أن تكون كل هذه المسائل هى المسائل التى تطرحها المجتمعات البشرية منذ البداية، بحيث إن علم الوراثة، بعد مفهوم التطور، كان لامناص خلال تاريخ القرن العشرين من أن تكون له تأثيرات أكثر من كل علم آخر. والواقع أن الچين سرعان ما صار العنصر الأساسى المجسَّد للتصورات الحتمية الجبرية القديمة وللبرامج الإيوچينية والعنصرية. ومنذ عهود التاريخ السحيقة، يعتبر البشر أن المصير مكتوب. ومع علم الوراثة، ألا نقرّ بأنه كان مكتوبًا بلغة الچينات؟ ولهذا جرى فهم الإيوچينية، أىْ تطبيق سياسات طوعية لتحسين المجتمعات البشرية، على أنها مجموع الأنشطة الهادفة إلى الحد من انتشار الچينات السيئة بين السكان. أما الأعراق races، منظورًا إليها مسبقًا على أنها أدنى لأنها على مستوى أقل من التطور البشرى، فقد جرى تعريفها بنوعيتها الچينية الضعيفة. ويتذكر الجميع الأهوال المرتكبة باسم الإيوچينية والعرقية، باسم الچينات! وبعد الحرب كان لا مناص إلى حد كبير من أن يؤدى رعب المجتمعات الديمقراطية عند اكتشاف مدى الخسائر التى أحدثتها هذه الأيديولوچيات إلى تحرير العلوم البيولوچية، وبصورة خاصة علم الوراثة، من غلافها الأيديولوچى.

وتسمح نظرية التطور بتوقع أن تكون للآليات التى تحكم كل الكائنات العضوية الحية نفس الطابع، حيث إن كل الكائنات الحية تنشأ من شكل بذاته للحياة الأصلية. وهذا هو ما يعزز عالمية الشفرة الچينية، أىْ القواعد التى تسمح بتفسير الخصائص البيولوچية للخلايا الحية انطلاقًا من تسلسل الحروف التى تشكل مادتها

الچينية. ومنذ ١٩٧٣، انتهى توافر أدوات الهندسة الوراثية إلى إثبات إضافى للاستنتاجات المستخلصة من نظرية التطور. ذلك أن كل چين، منتمٍ إلى كائن حى أيا كان، يمكن أن يقوم بوظيفته حينما يجرى نقله إلى كائن عضوى حى آخر. ويعنى هذا أن من الممكن إخضاع أىّ كائن مهما كان چينيًا لشكل البرنامج الچينى لكائن حى آخر، ببساطة عن طريق نقل چينات. وبالتالى فإن انفجار منجزات البيولوچيا خلال الخمسة والعشرين عامًا الأخيرة من قرننا هو الذى يجد تصويرًا بليغًا فى البرامج الچينومية.

وقبل عامين إلى ثلاثة أعوام، سوف نعرف تسلسل حوالى ثلاثة مليارات وأربعمائة ألف حرف تشكل چينومنا، أىْ جزيئات "دنا" لكروموزوماتنا التى تكوّن الدعامة الجزيئية لچيناتنا التى تبلغ حوالى ثمانين ألف إلى مائة ألف. وتنتج الرهانات الأخلاقية لهذه المنجزات العلمية فى آن واحد معًا من الطابع الملموس لعلم الوراثة، الضحية المثالية لكل أيديولوچيات الوصم، وضخامة المعارف والأدوات الجديدة المتولدة. وفى زمن الهندسة الوراثية والبرامج الچينومية، توجد على المستوى البيولوچى وحدة عميقة للعالم الحى لا يفلت منها عالم الإنسان، الذى يمكن الوصول إليه بنفس مناهج الدراسة والتعديل الچينى مثل أىّ كائن حىّ آخر، حيوانى أو نباتى أو ميكروبى. وبالتالى فإن البحث عن الجوهر البشرى بين تعرّجات الچينوم محكوم عليه بالإخفاق، منتهيا إلى إنكار نوعية ما هو بشرى. والحقيقة أن العالم البيولوچى، مركزًا عينه على قيام الخلايا بوظائفها، يخاطر بإهمال ما هو أكثر تمييزًا لعملية الأنسنة(٣٥) hominisation، أىْ البناء من الخارج للثديىّ البشرى، لچيناته، ولعالمه الرمزى، والثقافى، ومعارفه، والذى يغنيه الإنسان جيلا بعد جيل. وإنما بعد الإشباع بهذا العالم الفكرى الذى خلقه بصورة تصاعدية يأخذ الحيوان الرئيس primate فى التأنسن متحولا إلى الإنسان العاقل homo

---

(٣٥) hominisation (الأنسنة): تحوُّل حيوان ثديىّ رئيس إلى إنسان (homo sapiens = الإنسان العاقل). (المترجم)

sapiens. ومع هذا فإن الخصائص البيولوچية للدماغ البشرى، المسجلة فى چينات الإنسان، هى التى تحكم بطبيعة الحال حساسيته إزاء السمات الرمزية، والثقافية، والتعليمية. وبالمقابل فإن القدرات العقلية للإنسان، المتشكلة على هذا النحو بفعل التثاقف acculturation، هى التى تسمح له بالإسهام فى إثراء العالم الثقافى والمعارف.

والخطر كبير فى أن كل أولئك المقتنعين بالفعل بأن القدَر البشرى محدَّد ببُعْده البيولوچى سوف يجدون أنه يعززهم فى أحكامهم المسبقة تقديم معين لبرنامج الچينوم البشرى وكذلك التفسير السريع لعدد من الدراسات الچينية، وبصورة خاصة تلك التى تستند إلى السلوكيات. القدر مكتوب، هكذا فكر الإغريق. إنه مدوّن فى كائنات بيولوچية خاضعة لآليات التطور، هكذا تقترح القراءة الاجتماعية للبيولوچيا الداروينية. ويمكن أن نقرأه فى هذا الكتاب الكبير للإنسان الذى يمثله الچينوم البشرى، كما يدع أنفسهم باحثون وراثيون متهورون أو مشبوهون أيديولوچيا يذهبون أحيانًا إلى حد تأكيد ذلك.

وواقع مثل هذا الخطر يجرى توضيحه عمليا كل أسبوع فى المطبوعات العلمية والتقرير الذى تستخلصه منها وسائل الإعلام غير المتخصصة. ونعلم بالفعل أنها كانت منحصرة، محددة النوع، بل حتى مختبرة، باعتبارها چينات الحب الأمومى، العنف، حب الاستطلاع الفكرى، الإخلاص الذكورى، الجنسية المثلية... بل حتى الذكاء. والواقع أن الإنجازات الحديثة لعلم الوراثة والبيولوچيا العصبية الجزيئية neurobiology لا تقول شيئًا من هذا القبيل. إن ما يحكم الچينات البشرية إنما هى اللدونة[٣٦] plasticité المخية، أىْ حساسية مخّ الإنسان للانطباعات التى يتركها الوسط الاجتماعى الثقافى. فهى بالتالى وسيلة إرخاء شدّ ملزمة السلوكيات الفطرية التى تخضع لها بصرامة الثدييات غير البشرية. وعلى هذا فإن الچينات البشرية هى وسيلة الحرية أكثر منها نهايتها.

---

(٣٦) plasticité (اللدونة): قابلية التشكل. (المترجم)

وهذا لا يمنع أن يكون من غير المعقول رفض كل شكل للجبرية الچينية: الچينات، وهذا هو تعريفها، هى حقا محددات déterminants لخصائص بيولوچية. وواقع أن هذه الأخيرة تتوقف فى كثير من الأحيان على تدخل چينات عديدة وتتنوع وفقا لسياق البيئة لا ينتزع شيئا من هذا الواقع الذى يؤسس علم الوراثة. وفى الطب، يتجلى ذلك بحكم واقع أن من الممكن أن يصنف كل الأمراض البشرية بمقياس واحد. وإلى يسار هذا الأخير توجد الأمراض التى يحددها بصورة كاملة تقريبًا إفساد الچين. إذ أن كل شخص يكون قد ورث چينًا مفسَدًا أو چينيْن مفسَديْن من والديه، بمقتضى نمط التوريث الچينى، سيطور المرض. وهذه هى حالة الهيموفيليا(٣٧) hémophilie والليفة الكيسية mucoviscidose، والتهاب العضلات myopathie de Duchenne، ومرض هنتنجتون chorée Huntington، ..إلخ، وإلى اليمين قليلا من هذا الموضع تأخذ مكانها أمراض تكون معتمدة للغاية على إفساد چين، غير أن "انتشارها" أىْ هنا الخطر المرتبط بها ليس كليا. وبالتالى فإن أشخاصًا ورثوا نسخة من چين مطفور muté لقابلية الإصابة بسرطان الصدر أو سرطان القولون ستكون لديهم فرص بين ٥٠٪ و٧٥٪ للإصابة بهذين الورميْن، غير أن بعض الأشخاص سوف ينجون من الإصابة بهما. وإلى اليمين أكثر أيضا يوجد عدد من الأمراض الشائعة التى تتحدد جزئيا بالتكوين الچينى، وفى كثير من الأحيان بچينات عديدة، ولكنْ أيضا بجانب كبير جدا منها بعادات الحياة والبيئة. ويمكن الاستشهاد هنا بالحساسية لأنواع العدوى، ولسرطانات عديدة جدا، وللأمراض القلبية-الوعائية، وتصلب الشرايين، وارتفاع ضغط الدم الشريانى، والأشكال الشائعة من مرض السكر والسمنة و، من المحتمل، لعدد من الأمراض النفسية. وأخيرًا، وإلى اليمين تمامًا من مقياسنا نصنف الأمراض التى بدون أساس وراثى، قبل كل شيء ذات أصل سُمِّىّ أو عرضىّ. والتواتر الكبير للأمراض التى لها محددات وراثية، مطلقة أو نسبية، ماثل فى بدء ازدياد ما سُمِّىَ "الطب التقديرى"، أو بالأحرى، إذا استخدمنا تسمية أفضل ملاءمة، الطب التوقعى، وعندما

---

(٣٧) hémophilie هيموفيليا: مرض وراثى تورِّثه النساء، ويظهر عند الأفراد الذكور، ويرجع إلى تغير فى چين يحمله كروموزوم جنسى، ويتجسد فى عجز الدم عن التجلط. (المترجم)

تسمح إمكانية توقع حدوث مرض بتفاديه، أو بالأحرى بتخفيف خطورته، فإن مثل هذا التوقع الچينى يشكل نجاحًا كبيرًا للطب. ومع هذا فما أكثر المواقف التى مايزال لا يسمح فيها التوقع بالوقاية. وثقيلة هى التهديدات على التوازن السيكولوچى للأشخاص، ومثل هذه التوقعات تصب فى العجز العلاجى وقلما تكون لها أهمية طبية. غير أن إمكانية توقع المصير البيولوچى للأفراد له أهمية كبيرة بالنسبة لعدد من قطاعات النشاط: التأمين الخاص، الذى قد يكسب من تحديد مجموعات متجانسة من المخاطر التى يمكن إخضاع أفرادها لتعرفات تفاضلية؛ اختيار المرشحين لوظيفة بأجر، إذا سمحت الفحوص الچينية بالوصول إلى الحد الأمثل بالتلاؤم بين المستخدمين ومنصب العمل؛ القرض البنكى، ..إلخ، إن تعميم مثل هذه الممارسات، التى لا يمكن إنكار منطقها الاقتصادى، قد ينتهى لا أكثر ولا أقل إلى اضطراب فى مجتمعاتنا. والواقع أن الوهم الذى وفقًا له يولد كل البشر ويبقون متساوين فى الكرامة والحقوق يمكن أن يجرى التخلى عنه لأن الحقوق الفعلية للأشخاص لا يمكن أن تكون أكثر من تلك التى تتركها لهم چيناتهم.

وبطبيعة الحال فإن تطور الأبحاث فى علم الوراثة البشرية يقدم أدوات لفعالية لاشك فيها فى سبيل المواصلة بوسائل أخرى للمشاريع الإيوچينية القديمة eugéniques. وفيما وراء تشخيص ما قبل الولادة للأمراض الوراثية البالغة الخطورة، يتبين إغراء الإخضاع بصورة عامة للأجنة البشرية تحت تصنيف على أساس سمات مميزة أقل پاثولوچية، بل حتى فسيولوچية كليًّا مثل الجنس. والمطروح للنقاش هنا هو اللااختزالية الجوهرية للسمات المميزة لكل فرد بالإرادة المعيارية لطرف ثالث، وليكن الوالدين. والتحديد المسبق من جانب هذا الطرف الثالث لجنس وهيئة طفل من المتوقع أن يولد يمكن حمله بطبيعة الحال إلى حده الأقصى باستخدام الاستنساخ البشرى ذى الهدف الإنجابى.

وكما سبق أن رأينا فإن الإيوچينية فى زمن علم الوراثة، يعود إلى تحسين القدرة الوراثية لسلالة بشرية. وإلى ذلك الحين تمثلت الوسيلة لذلك فى الانتخاب. أما أسطورة وجود إيوچينية إيجابية حددت لنفسها كهدف ليس القضاء على رعايا

ذوى ميراث غير مُرْض، بل زيادة القدرة الوراثية عن طريق جلب چينات "مُحَسِّنة" فهى قديمة ويبدو حتى أنها اكتسبت اليوم تماسكًا، إن لم تكن علمية فعلى الأقل أيديولوچية. وعلى المستوى العلمى فإن من الجلى أن الصفات البشرية على وجه الدقة، الاستعداد لخلق المعنى، الجمال، الطيبة، غير قابلة للاختزال إلى التطويع الفظ لبعض الچينات. ومع هذا فقد كان بوسعنا أن نقرأ فى نهاية عام ١٩٩٩ أقلام بعض أبرز المؤلفين والفلاسفة فى هذه اللحظة الإعلان عن سيناريوهات تتوقع مثل هذا التعديل البيوتكنولوچى للإنسان. وعند هذه الدرجة من انتشار الأسطورة فإنها تغدو واقعًا اجتماعيا وتهديدًا أيديولوچيا.

خلاصة

فى حد ذاته لا يقول علم الوراثة شيئًا جديدًا حول الطبيعة البشرية التى ماتزال مضمرة فى نظرية التطور. وبالمقابل، يولد علم الوراثة سلسلة من المعطيات والأدوات، المحايدة أخلاقيا فى حد ذاتها، ولكن التى يغدو احتكارها من جانب الأيديولوچيات القديمة للحتمية، والوصم، والإقصاء، سهلا وخطرًا بصورة خاصة. وبهذا المعنى فإن على عالم الچينات généticien، الواعى للقابلية الخاصة لمجاله العلمى للاستعادات الأيديولوچية، مسئولية عميقة: ليس فقط أن يحقق بأفضل ما يمكنه لعلم يشرّف العبقرية البشرية، بل أيضا أن يشارك فى تقديم هذا العلم إلى الجمهور، وأن يشرح ماذا يعنى وما هو مشروع أن يجعله يقوله. وبوصفه مواطنًا، سوف يتعين بعد هذا على عالم الچينات أن يوسع عمل الأبحاث والشروح هذا عن طريق النضال كمواطن ضد كل محاولات استعباد الإنسان. وإذا كان من غير المشروع تمامًا أن نجعل علم الوراثة يقول أننا جميعًا سجناء چيناتنا، فإن العلم لم يعد يكفى لتبرير ضرورة الحرية. وعند هذه المرحلة، يكون للالتزام طابع آخر، طابع أخلاقى.

الباب السادس

المخ، والسلوك، والعواطف

الوظائف المخية[1]

بقلم: مارك جانيرو

Marc JEANNEROD

ترجمة: ماجدة الريدى

يتكون المخ من تجمع الخلايا العصبية (العصبونات) neurones. وهو تجمع بنيوى ومنظم حيث تتواصل العصبونات حسب أفق محدد. وسوف نفترض فى هذا البحث أن الوصلات الأساسية بين العصبونات موضوعة فى أماكنها بشكل سوى وأن الآلية التى تؤمن هذا الجزء من النمو تعمل على وجه صحيح، وعملية صنع مشتبكات جديدة لا تنتهى على ذلك: إنها سوف تمتد مدى الحياة كلها، حتى وإن كان ذلك بقوة متناقصة. على كل الأحوال فإن نشأة المشتبك لا تخص الوصلات التى استقرت خلال النمو الجنينى وفى بداية الحياة خارج الرحم. لم يعد يتعلق الأمر بخيوط تقطع طريق طويل لتأتى لملاقاة الهدف: يتعلق الأمر بوصلات مجاورة تظل مرنة ويمكنها أن تتغير تبعًا لحاجتها، أو تبعًا لحركة المرور فى المسارات العصبية التى تنتمى إليها هذه المشتبكات. الموضوع يخص تغيرات تظل موضعية ولا تؤثر على البناء العام للتجمع.

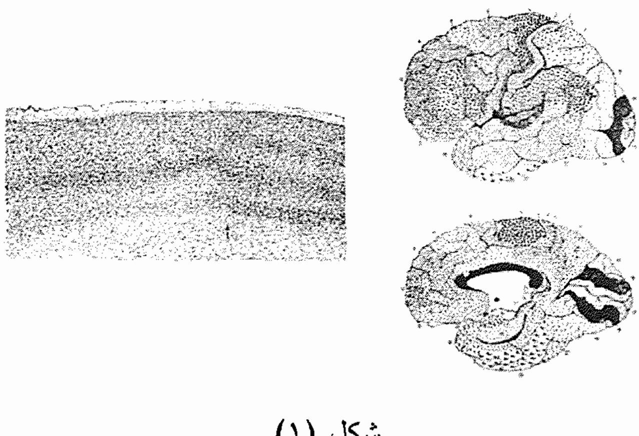
مجموعات الخلايا العصبية والخارطة المخية

إن أعمال الباحثين فى علم الأنسجة فى نهاية القرن التاسع عشر وفى مقدمتهم ريمون ييكاجال Ramon y Cajal توصلت إلى وصف الوصلات الأساسية للمخ بفضل مجموعة تكنيكات سمحت برؤية العصبونات وامتداداتها وحتى

(١) نص المحاضرة رقم ٣٢ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ١ فبراير ٢٠٠٠.

المشتبكات العصبية الخاصة بها. ومن هذه البحوث يظهر عدد معين من المبادئ التي يبدو أنها تسيطر على التنظيم المخي. أحد هذه المبادئ يمكن أن يعرف بأن: «الذي يتشابه يتلاقى» . ذلك أن العصبونات التي تتلقى نفس المعلومات ومتوصلة لنفس الهدف ولها نشاط وظيفي مشابه (التي تعرف بما يسمى «شعوب» من العصبونات) يتجمع أحدها بجانب الأخر. ومن أوائل التجمعات التي تعرّف عليها علماء الأنسجة في اللحاء المخي هي «الطبقة» الخلوية. كل طبقة لحائية تتضمن خلايا أغلبها من نفس النمط، وأيضا ما نعرفه الآن أن لهم وصلات مشتركة. والأنماط الخلوية وترتيب الطبقات مشتركة عند عدد كبير من الأنواع لدى الثدييات.

تنظيم اللحاءcortex في شكل طبقات (رقائق) تكوّن معمارًا مْركبًا يصلح كمرجع لتحديد المناطق اللحائية، أي مناطق اللحاء التي تتميز بعضها عن البعض الآخر بالسمك النسبي لطبقاتها الخلوية. هذه الأبحاث هي أساس الناتج الأساسي لعلوم الأعصاب الحديثة وهو تحقق خريطة للحاء تبعًا للرقائق. والخريطة المعروفة والأكثر استعمالاً هي خريطة كربنيان برودمان Korbinian Brodman التي أنشأها منذ مائة عام (شكل ١) وهذه الخريطة تحمل أرقامًا مازالت هي المرجع حتى الآن.



شكل (١)

وضع خريطة المخ حسب طريقة علم الأنسجة.

على اليسار مقطع لمنطقة من اللحاء المخى يظهـر تراكـب الطبقـات الخلوية. لاحظ النقلة المفاجئة بين مساحتين لحائيتين، المـساحة ١٨ فـى اليسار والمساحة ١٧ فى اليمين، توجد علامة سهم. نرى الطبقات تنقـسم إلى تقسيمات فرعية لتكوين هيئة نسيجية مختلفة عن المساحة المجاورة.

على اليمين خريطة نفذها برودمان Brodman سنة ١٩٠٠ على أسـاس طريقة علم الأنسجة. الفص الجبهى يوجد ناحية اليسار والفص القفـوى ناحية اليمين، فى الرسم الأعلى، منظر جدارى للنصف الكـروى للمـخ والرسم الأسفل منظر داخلى. لاحظ أن المساحات المخية تحمل أرقامًـا حسب نوع من الترقيم مازال ساريًا.

والأرقام ليست موضوعة بالصدفة: ذلك بأن برودمان كان لديه فكرة مبتكـرة جـدا وهى تنظيم الترقيم بدءًا من مرجع تشريحى ثابت فعليًّا لـدى كـل الثـدييات وهـو الأخدود المركزى. وعلى ذلك فإن الأرقام الصغيرة مختصة بالمسأحات التى تحـيط بالتلم المركزى. ويمكننا بذلك مقارنة الخرائط اللحائية لـدى أنـواع مختلفـة مـن الحيوانات، وهذا مفيد جدا إذا ما تذكرنا أن جزءًا كبيرًا من معارفنا عن عمل المـخ مستقى من الحيوان.

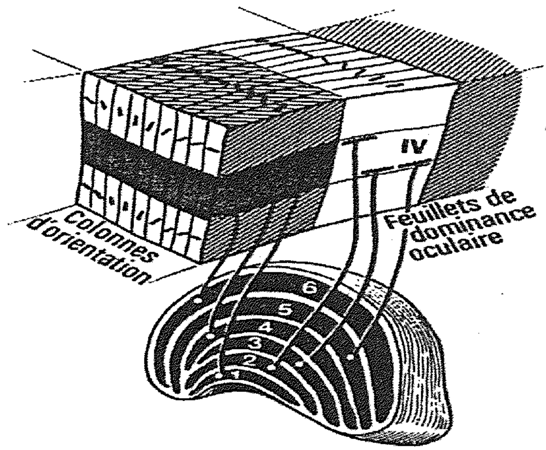
فى البداية، عند إنشاء الخرائط الأولى كانت طرق علـم الأنـسجة تـستخدم التشكل الخلوى كمرجع وحيد. ولم يكن من الممكن تعريف وظيفة كل منطقة لحائيـة إلا بمقابلتها بمعطيات أخرى. واستمرت لـسنين عديـدة معطيـات المـرض هـى المستخدمة للربط بين محكات علم الأنسجة وأعراض أو عجـز تـم معاينتـه فـى العيادة، وحديثًا جدا استخدمت طرق وظيفية (قائمة على أداء الخلايا وليس فقط على شكلها) لتحديد شعوب عصبونات اللحاء المخى. هذه الأبحاث تبين لنا مظاهر أخرى لتجمع العصبونات حسب الأيض لديهم أو ترابطاتهم، مثلاً. وتم وصـف الـشعوب التى تتقاطع جزئيًّا مع التصنيفات السابقة: داخل الطبقة IV فـى اللحـاء البـصرى (مساحة ١٧)، مثلا، العصبونات التى تتلقى الجانب الأكبر من الترابطات من عـين من العينين تتجمع على شكل «وريقات» ذات سيادة بصرية؛ وهذه العصبونات ذاتهـا

تتوزع حسب تنظيم آخر مرئى بفضل الأثر الأيضى: وهى البلــوبس blobs حيــث تتجمع العصبونات الحساسة للّون. أخيرًا، داخل هذه البناءات يمكن وصـــف أنمـــاط أصغر حجمًا، وهى الأعمدة اللحائية حيث تتجمع العصبونات تبعًا لــنمط الاســتجابة التى تتم ردًّا على شيء مطروح أمام المجال البصرى (شكل ٢).

مثال من تحديد التموضع المخى:

الجهاز الحركى المخى

من المفهوم طبعًا أن الوصف التشريحى لتنظيم الخلايا ولترابطها لا يمكــن أن يكفى وحده لفهم وظائف اللحاء المخى. الوظيفة تكمن فى العلاقات بــين الأداء الداخلى للعضو المخى وما يحدث خارج المخ فى الجسم وفــى العــالم المحــيط. ولتعريف هذه العلاقات فإننى سأستخدم كمثال أول وظيفة المناطق المخيــة التــى تتحكم فى تنفيذ الحركات. لاحظ علماء الأعصاب الأوائــل أن أعطــاب النــصف الكروى للمخ يمكن أن تنتج اضطرابات فى الحركة (شلل أو تشنجات) فى الجانــب المقابل من الجسم وأن تموضع واتساع العطب مشروط بطبوغرافيا الصدع.



شكل (٢)

تنظيم اللحاء البصرى

فى جزء من اللحاء تظهر بعض أنماط تصنيف عصبونات اللحاء. هذه العصبونات مصفوفة على شكل أعمدة توجُّه: فى داخل العمود تستجيب كل العصبونات المسجلة بشكل انتقائى لتوجه الشيء المرئى. ونفس العصبونات مصفوفة أيضا حسب التوصيلات التى تتلقاها من كل عين: إنها وريقات السيادة البصرية . ونرى هذه التوصيلات قائمة بدءًا من وسيط لمسارات الطرق البصرية والجسم الجدارى مكون هو نفسه من طبقات متراكبة.

وقد بدأ شاركو Charcot بداية من سنة ١٨٧٥ فى تجميع ملاحظات متعددة سمحت له برسم خريطة مخية للاضطرابات الحركية. ولكن الوصف الدقيق للخريطة أتى من مصدر آخر وهو التنبيه الكهربائى المباشر للحاء، أولاً لدى الكلب ثم لدى القرد وأخيرًا لدى الإنسان. وقد حدد شارل شرينجتون Charles Sherrington بدقة كبيرة لدى القرد، المنطقة الحركية للحاء المقترنة بكل مجموعة عضلية. كل النقط التى تنتج استثاراتها حركة موجودة قبل الأخدود المركزى فى المنطقة ٤ لبرودمان، وهو المكان الأساسى لكل ألياف الحزمة الضوئية الهرمية الذى يربط اللحاء بالنخاع. وقد تمت تجارب أخرى منذ شرنيجتون أثبتت وجود مناطق أخرى بجوار المنطقة الحركية «الأولية» حيث تظهر الحركات بشكل مدروس أكثر مما فى المنطقة ٤.

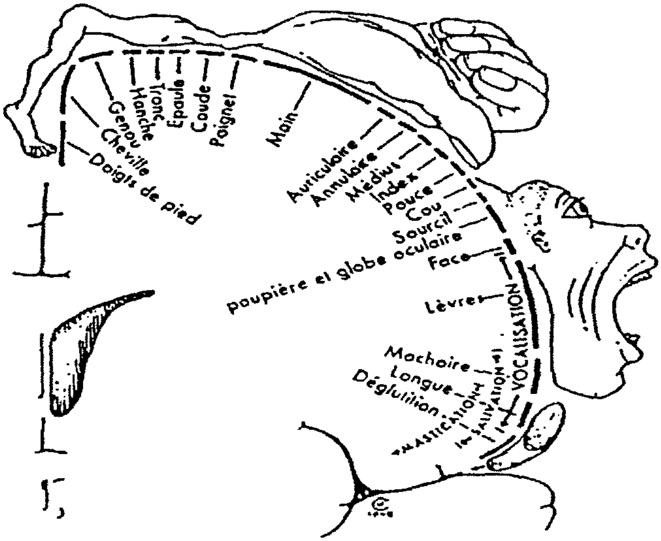
ولدى الإنسان، وجد جراحو المخ حينما راكموا الملاحظات على كثير من المرضى خلال العمليات، نفس الطبوغرافيا (شكل ٣) وحاليًا، حتى إذا كانت استثارة اللحاء مازالت مستخدمة (إلا أنه يمكن القيام بها والدماغ مغلق بطريقة الحث المغناطيسى) توجد طرق أخرى أقل هجومية لدراسة الوظيفة الحركية وهى طرق التصور العصبى الوظيفى التى تسمح بمعرفة لدى فردٍ ما (معافى أو مريض) المناطق النشطة لكل حركة: ونحصل بذلك على خريطة قائمة هذه المرة على عملية أيض مناطق المخ التى تصبح نشطة بالنسبة لنمط معين من الحركات. وبفضل طرق إعادة بناء الصور يمكن التركيز على المنطقة اللحائية الوحيدة

المسئولة عن حركات الأصابع أو على العكس جعل مجموع المناطق النشطة بادية للعيان أثناء إجراء حركة الذراع (فى اللحاء وفى مناطق مخية أخرى مثل المخيخ مثلاً). وهذه الطريقة تسمح أيضا بدراسة اضطراب الخريطة الوظيفية للجهاز الحركى نتيجة صدع، لدى المرضى. يمكن حينئذ أن نلاحظ مع الزمن إعادة التنظيم الجزئى التى تسمح بدخول وسائل مختلفة للإحلال، خاصة تدخُل المناطق اللحائية فى النصف الكروى المخى المقابل، الذى لم يكن منوطًا به القيام بذلك. وإعادة التنظيم هذه تظهر محدودية نظرية تموضع الوظائف المخية. النظرية تعمل على توازن ما بين التوصيلات التى نشأت خلال النمو الجنينى وتستمر مادام هذا التوازن لم يؤدِّ صدع ما إلى اضطرابه.

الترابطات بين المناطق المخية

يعطينا التموضع المخى صورة فقيرة إلى حد ما للوظائف المخية. لا تتوقف وظيفة النظام الحركى على تحريك إصبع فقط؛ نحن نحرك إصبعًا لهدف محدد، للكتابة أو للعب الموسيقى على البيانو. لا يوجد ظرف طبيعى (فيما عدا تجربة معملية مثلاً) تنشط فيه منطقة واحدة فى المرة الواحدة. إن علماء التشريح فى الفترة الكلاسيكية (١٨٥٠ إلى ١٩٠٠) ركزوا على خاصية أخرى من خواص اللحاء، وهى ألياف الترابط بين الوظائف المخية. ألياف ترابط قصيرة من تلفيفة لأخرى وشبكات ترابط من فص لآخر ووصيلات بين النصفين الكرويين، ويمكننا أن نقوم بوصف كامل للحاء على أساس الترابط. يجب أن نقارب هذه الأبحاث من سياق سيكولوجية الحقبة (وهى الترابطية) حيث كانوا يحاولون أن يفسروا الوظائف المركبة (الوظائف المعرفية) بترابط وظائف أساسية. ومن هنا نخطو خطوة من التنظيم المعرفى نحو التنظيم المخى... وكانوا يفسرون بعض آثار الصدوع التى تنسجم مع نظرية التموضع بأنها عدم اتصال، أى قطع ألياف الترابط بين منطقتين.

إحدى مميزات هذه الحقبة أنهم توصلوا لتصنيف المناطق المخية على أساس اتصالاتها. ونميز فى الواقع منذ هذا التاريخ المناطق الأولية، وهى تتصل



شكل (٣)

تنظيم اللحاء الحركى

فى رسم قطعى رأسى للفص الجبهى رسمت مناطق اللحاء الحركى (المنطقة ٤) التى تتحكم فى حركية خطوط مختلفة لنصف الجسم فى الناحية المقابلة. لاحظ النسبة الضئيلة الممنوحة للأعضاء السفلية وللجذع بالنسبة للمناطق التى تتحكم فى حركة الأصابع والوجه والألياف الصوتية.

مباشرة مع أعضاء الحس أو أعضاء الحركة، والمناطق الثانوية، أو المشتركة حيث اتصالها لا يأتى سوى من مناطق مخية أخرى، تتلقى معلومات سبق معالجتها، أى من الدرجة الثانية، بشكل ما. والمناطق المخية المشتركة تتميز بشكل قاطع عن المناطق الأولية، واتساعها واضح أكثر لدى الإنسان عنه لدى الحيوانات الأخرى ونضجها أكثر بطءًا من المناطق الأولية؛ وأخيرًا، فإن صدعها يجلب قصورًا من النوع المعرفى.

المناطق الترابطية والنشاط المعرفى:
مثال الفص الجبهى

ماذا نعرف الآن عن هذه المناطق المشتركة ومساهمتها فى الوظائف المعرفية ؟ لمناقشة هذه النقطة فإننى أقترح مثال الفص الجبهى lobe frontal. هذه المنطقة من اللحاء تمثل ثلث الكتلة المخية لدى الإنسان. وحتى عام ١٩٣٠، كنا نعلم أشياء قليلة عن وظيفتها: كانت منطقة صامتة حيث لم يكن أى صدع يجلب غالبًا أية أعراض ظاهرة أو أحيانًا أعراض غير متميزة، مثل اضطرابات الذاكرة أو الاكتئاب أو على العكس من ذلك الانشراح الشديد، وهناك حالة شهيرة، وهى حالة فيناس جاج Phineas Gage التى لفتت الانتباه إلى مجموعة تغيرات السلوك التى تكوّن ما نسمية الآن الزملة الجبهية: هذا العامل الجاد المجتهد الذى أصبح بعد الحادثة التى تعرض لها غير مستقر ومزاح، ولم يعد يحترم التسلسل الاجتماعى، إلخ. منذ عشر سنوات تقدمت معارفنا عن دور الفص الجبهى فى اتجاهين رئيسيين. من ناحية، أتاحت دراسة نشاط عصبونات الفص الجبهى لدى القرد الخاضع لمهام معرفية تجزئة هذه المنطقة الشاسعة إلى مناطق متخصصة فى وظائف جيدة التعريف: فى بعض هذه المناطق، تنشط العصبونات فى مهام للذاكرة قصيرة المدى، مثل تحقيق تتاليات زمنية؛ وفى مناطق أخرى، تكون جدّة الشىء المعروض هى التى تثير نشاط العصبونات. أما لدى الإنسان فإن العلماء يحاولون باستخدام اختبارات نفسية تكميم هذه الوظائف الأساسية نفسها لدى المرضى المصابين بصدوع فى مناطق مختلفة من الفص الجبهى. واختبار برج لندن مثلا، يظهر بشكل جيد الصعوبات لدى المرضى عندما يكون عليهم التخطيط لنشاط فى اتجاه هدف محدد.

من ناحية أخرى فإن أعمال الباحثين فى علم النفس العصبى أتاحت إعادة وصف زملة الفص الجبهى فى الإنسان فى مواقف طبيعية وليس فقط باستخدام اختبارات معملية. تقدم للمريض قائمة بمهام مألوفة لإنجازها (الذهاب لشراء جهاز تسجيل وإعداد العناصر لعمل تسجيل، أو إعداد فطيرة تفاح) مع إعطاء المريض الحد الأدنى من القواعد المطلوب مراعاتها؛ وتدون كل تفاصيل السلوك. المريض

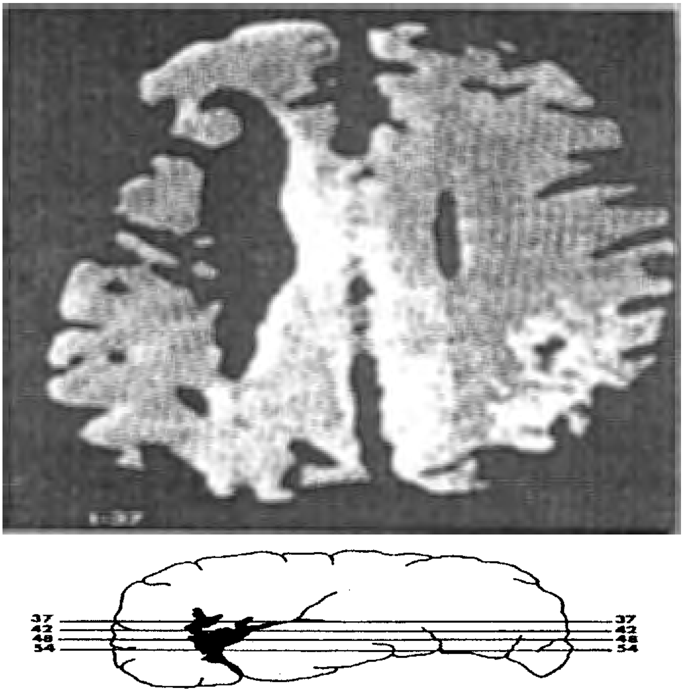
الجبهى يقع فى أخطاء كثيرة فى التتالى، وينسى المراحل ويخالف القواعد. إنه فى تخطيط النشاط إذن، وفى تنظيم السلوك على المدى الطويل، وفى اتخاذ القرار وفى حساب المميزات والمضار لهذا الفعل أو ذاك، وفى هذه الأشياء كلها يتجلى دور الفص الجبهى. ويمكن أن يُتبين إلى أى مدى ينعكس اضطراب الإمكانات، خلال الأمراض التحللية مثلا، على التكيف فى مواقف الحياة اليومية.

وقد جاء التصوير العصبى neuro-imagerie هنا بمساهمة أساسية لأنه يمكن أن يستخدم لدى الشخص السوى. يمكن على هذا الأساس تحديد شبكات النشاط العصبى ذى العلاقة بالمهام المعرفية التى تعمل على الذاكرة أو التفكير، مثلاً. وفى حالة التفكير يلاحظ أن الشبكة تختلف باختلاف النموذج المنطقى الذى يستخدمه الشخص لحل المشكلة المطروحة، بحسب ما إذا كان الأمر يتعلق بحكم علاقى بين اقتراحين أو قضايا قياس منطقى، إلخ. نحن بعيدون إذن عن ترابطية نهاية القرن التاسع عشر. ما توضحه الأبحاث الحديثة عن الوظائف المعرفية، أنها تضع مجموعات عصبية تتقاطع جزئيًّا مع مهام معرفية مختلفة. ويجب بالإضافة إلى ذلك تصور أن هذه الشبكات لها بناء دينامى وأنها تتطور كدالة للزمن وأنه من خلال المسار العادى للنشاط العقلى (فى الفكر)، يمر المخ بشكل مستمر بطريقة غير محسوسة من شبكة إلى أخرى.

الازدواجية النصف كروية: المخ المشطور

الدراسات على الوظائف المعرفية، مثل تلك التى فحصناها بخصوص الفص الجبهى تظهر أن نشاط النصفين الكرويين للمخ ليس متماثلاً. إن مفهوم الازدواجية الوظيفية للنصفين الكرويين أكدها بول بروكا Paul Broca منذ سنة ١٨٦٠. لاحظ بروكا أن بعض الصدوع المسئولة عن بعض اضطرابات اللغة (الحبسة) مقامها فى الجزء الجبهى من النصف الكروى الأيسر (شكل ٤). هذا الاكتشاف أثار عدم التصديق، ولكن الوقائع دامغة: الملاحظات الإكلينيكية للمرضى المصابين بصدوع محددة يسارية أثبتت آراء بروكا تمامًا. فيما بعد، بعد مائة عام تالية أتاحت البحوث التشريحية التى استخدم فيها مخ سوىّ لأشخاص بالغين توفوا

لأسباب غير عصبية إثبات أن النصفين الكرويين غير متطابقين. وهناك فروق واضحة فى مناطق مخية كثيرة. وأكثر هذه الفروق وضوحًا نلاحظها فى منطقة ترابطية موجودة فى الجزء العلوى للفص الجبهى: هذه المنطقة أكثر اتساعًا من الناحية اليسرى عنها من الناحية اليمنى. هذه المنطقة تتواءم مع منطقة حساسة، حيث يسبب الصدع شكلاً نمطيًّا من (الأفيزيا) الحبسة (حبسة فرنيك Wernicke)



شكل (٤)

النسخة الأولى من مخ مريض بروكا

هذا المخ اقتطع فى سنه ١٨٦٥ ثم فحص بواسطة الطموغرافيا (تصوير شعاعى طبقى) بأشعة إكس فى سنة ١٩٨٠. ويوجد رسم جانبى للنصف الكروى الأيسر للمخ أعيد فى الجزء الأسفل (الفص الجبهى فى الشمال). الصدع مرئى فى الجزء السفلى والخلفى للفص الجبهى. فى الأعلى، مقطع (رقم ٣٧) الذى تحقق بالطموغرافيا (الفص الجبهى فى الأعلى). نلاحظ صدعًا خطيرًا للجزء الأمامى من الفص الكروى الأيسر للمخ.

التصوير العصبى لوظائف اللغة يتيح تفكيك الشبكات المختلفة المتضمنة فى فهم الكلمات أو التعبير بها. وشبكة إنتاج الكلمات تتضمن أساسًا منطقة بروكا فى الجزء السفلى من الفص الجبهى الأيسر، وهو ما يعتبر تأكيدًا لاكتشاف بروكا. إن فهم الكلمات المقروءة والكلمات المسموعة ينشط على التوالى المناطق الموجودة فى كل من الفص القفوى lobe occipital والفص الصدغى lobe temporal الأيسر.

ويوجد إلى جانب ملاحظة تأثيرات الصدوع المخية والتصوير العصبى، مصدرًا آخر للمعلومات عن الوظائف التكميلية للنصفين الكرويين للمخ: وهى التجارب التى حققها روجر سبيرى Roger Sperry فى بداية الستينيات. لقد طرأت لسبيرى فكرة فحص مجموعة من الحالات التى تعيش فى كاليفورنيا والتى تعرضت لجراحة استئصال الجسم الصلب للدماغ. والجسم الصلب هو الفاصل الضخم (المقرن) الذى يضم ألياف الترابط الموحدة للنصفين الكرويين. وكان حدس سبيرى أنه إذا ما وجهنا سؤال إلى نصف كروى واحد فى المرة الواحدة مع تسجيل الرد، سوف يكون تحت يدنا وسيلة لمعرفة القدرات الخاصة بهذا النصف مستقلاً عن قدرات النصف المقابل. إن تنظيم الطرق العصبية للدخول والخروج يجعل هذه التجربة ممكنة. المرضى الذين يعانون من المخ المشطور أمدونا بحصيلة وفيرة من المعطيات تبين أن النصفيين الكرويين لا يؤديان نفس الوظائف حتى وإن كانا فى الحالة السوية، واضعين فى الاعتبار كثافة الترابطات التى تربطهما، يتعاونان أحدهما مع الآخر ونادرًا ما يعملان بشكل منعزل. من ناحية، تؤيد أبحاث سبيرى ومدرسته تفوق النصف الكروى الأيسر فيما يتعلق باللغة. ومن ناحية أخرى توضح تلك الأبحاث دور النصف الكروى الأيمن الذى اعتبر طويلا وكأنه مسافر صامت. ومن بين وظائف النصف الكروى الأيمن الرئيسية التعرف على العواطف والتعبير عنها وتنظيم السلوك فى الفراغ.

خلاصة عامة عن الوظائف المخية

يدين المخ بوظائفه أولاً للتنظيم التشريحى. ولكن وجود لدونة فى المشتبكات العصبية تسمح بزيادة أو تخفيض مساحة التماس بين العصبونات أو حتى خلق تماسات جديدة، تمثل خاصة أخرى من خواصه الأساسية. وهذه اللدونة لها دور وظيفى مهم فى سير عملية التعلم التى تقود إلى اكتساب قدرات جديدة. إن تطور ترابطات جديدة قد يفسر استعادة العجز عقب الإصابة بصدع مرضى.

كل تفسير لأداء المخ يجب أن يضع فى الاعتبار وجود علاقات متعددة تربطه بباقى الجسم. والجسم، من خلال أعضاء الحس الموضوعة على كل سطحه (فى الجلد والشبكية والقوقعة cochlée،... إلخ) ومن خلال النهايات الحساسة الموجودة فى الأحشاء يرسل إلى المخ معلومات عن حالة العالم الخارجى والداخلى. وفى المقابل يتحكم المخ فى مجموع الكائن، ليس فقط عن طريق الألياف العصبية التى تربطه بالعضلات وبالجهاز النمائى ولكن أيضا بواسطة الإشارات الكيمائية، مثل الهرمونات التى يصدّرها فى اتجاه المستقبلات الموضوعة فى الأعضاء. وبذلك فإن تأثيرات آتية من باقى الجسم يمكنها أن تغير الحالة المخية وتخلق الانفعالات، أو على العكس، يساهم المخ فى تعديل حالة الجسم لكى يعده للمجهود أو لإطلاق استجابات الكرب، فى كلمة واحدة لكى يكيّفه لشروط البيئة.

الإشارات العصبونية[٢]

بقلم: فيليب آشر

Philippe ASCHER

ترجمة: ماجدة الريدى

إن مفهوم تكوّن الجهاز العصبى من شبكة عصبية من العصبونات (Neurones) مرتبطة بالمشتبكات synapses، كان موجودًا فى بداية القرن العشرين ولكن مقارنته بالآلة الحاسبة لم تصبح واضحة إلا في عام ١٩٥٠، وبعد ذلك تم مقارنته بالحاسوب. هذه المقارنة التى تتم كثيرًا وتُنقد كثيرًا لها فضل التذكير بأن المخ يقوم بعمل حسابات وأن هذه الحسابات سريعة. وهذا ينبئ بأن العصبونات تتبادل إشارات كثيرة وذات انتشار سريع. وقد عُرف في سنة ١٩٥٠ أن إحدى هذه الإشارات هى النشاط الكامن، أى أنها إشارة *كهربائية*، ونحن نشك فى وجود إشارات أخرى تسمح بالعمليات الحسابية. ولكن هذه الإشارات غير معروفة جيدًا ونحن نجهل البناء الذرى الذى يولدها. وبعد خمسين عامًا تالية ملئت هذه الثغرات، وفى البحث الآتى سوف أتناول التقدم الذى تم فى تحليل الإشارات مع محاولة وضع ثلاث نقاط أساسية.

الإشارات السريعة (النشاط الكامن والمشتبكات الكامنة والمستقبلات الكامنة) تم اليوم تحديدها وهى أكثر عددًا وأكثر تنوعًا مما كان متوقعًا، ولكن يتم الآن إحصاؤها. إنها تتضمن كل البروتينات الغلافية الخاصة، *والقنوات الأيونية* حيث إنها مرحلة معروفة وقد بدأنا فى فهم بنائها.

---

(٢) نص المحاضرة رقم ٣٣ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٢ فبراير ٢٠٠٠.

إن فهم العمليات الحسابية التى تقوم بها العصبونات يجب أن يوضع فى الاعتبار هندسة العصبون، وخاصة عدم تجانس توزيع القنوات الأيونية على الزوائد الشجرية العصبية.

التزود بالقنوات الأيونية للعصبون أو للمشتبك يتغير تبعًا للنشاط: تتميز العصبونات والمشتبكات *باللّدونة*.

الإشارات الكهربائية السريعة

النشاط الكامن

يقوم المخ بالعمليات الأساسية فى أزمنة تحسب بالمللى ثانية. هذا المقياس هو الذى يتيح سرعة الحسابات «التكاملية». وهو لا يمكن استخدامه إلا لأن الجهاز العصبى يمتلك إشارات قصيرة حيث الأكثر تميزًا هو النشاط الكامن.

ويمكن إرجاع أول شك فى وجود هذه الإشارات إلى نهاية القرن السابع عشر، وذلك خلال المناظرة بين جلفانى Galvani وفولتا Volta عن تفسير تجارب جلفانى لتقلص عضلات الضفدعة. وتحدد سنة ٢٠٠٠ الذكرى المئوية الثانية لنشر وصف فولتا لصناعة «البطارية الفولتية». إن النجاح العلمى والتقنى الكبير الذى يمثله اختراع البطارية أدى غالبًا إلى اعتبار أن فولتا قد كسب فى المناظرة مع جلفانى. ولكن، وكما ذكّرنا بيكولينى Piccolino فإن نجاح فولتا لا يعنى نهاية فرض جلفانى، حيث يفترض وجود «كهرباء حيوانية» متراكمة فى الخلايا و«متحررة» من قِبل بعض المثيرات. فى تجارب جلفانى تدخل الكهرباء بالطبع كمثير وكاستجابة فى الوقت نفسه، وكان فولتا محقًا فى إظهاره أن المثير الكهربائى الذى كان يستخدمة فى «تجارب البلكون» لم يكن من أصل حيوانى (شكل ١). ولكن جلفانى كان محقًا باقتراحه وجود «كهرباء حيوانية». النشاط الكامن والمشتبكات الكامنة هما مظاهر لهذه الكهرباء، وصفتهما سوف تترقى خلال الخمسين عامًا التالية حتى اللحظة التى، بفضل إلكترود داخل الخلايا، سوف يتم

أخيرًا وصفهما وصفًا صحيحًا. والنشاط الكامن يحدد كإشارة *كل أو لا شيء*، من حدود 100 mV، مدتها تقاس بالمللى ثانية. ويظهر حينما يفك استقطاب الخلية فيما بعد ما يسمى «بالعتبة»، وبإضافة إشارات ذات سعة أصغر، متدرجة، يمكن أن تكون مانعة للاستقطاب (مثيرات) أو مستقطبة أقصى استقطاب (مثبطات). ينظر إلى العصبون «كمكمل» قادر على عمل الناتج (الجبرى) للكومونات المتدرّجة. إذا سمحت هذه الإضافة للغلاف الكامن بالوصول إلى عتبة النشاط الكامن فإنها تستثار وإلا فإن النظام يعود للراحة.



شكل (١)

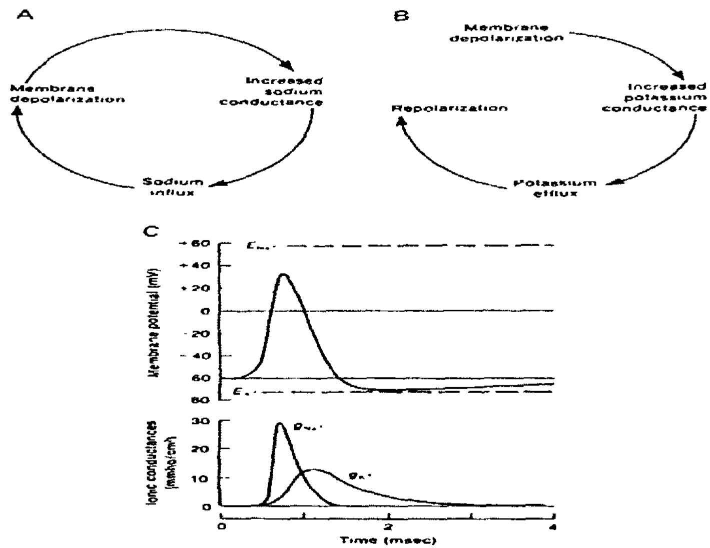
منزل جلفانى، سبتمبر ١٧٨٦

الضفادع مشبوكة فى درابزين من الحديد بمشابك حديدية كانت مصنوعة – بلا شك – من البرونز. التماس بين المعدنين كان يبين فرقًا كامنًا وكان السبب فى استثارة الأعصاب و(أو) العضلات.

إن المساهمة العظمى لباحثى الخمسينيات (هـوجكين Hodgkin وهكسلى Huxley خاصة) كانت فى إظهار أن النشاط الكامن يتضمن «تغييرًا فى المواصلة الكهربائية»: تحت تأثير عدم الاستقطاب يعدل غلاف العصبون من قابليته لامتصاص الأيونات ويدع بعضها يمر بشكل اختيارى. يوجد نوعان من المواصلة الكهربائية متسلسلان. الأول عبارة عن إزدياد المواصلة الكهربائية للأيونات Na التى تحرك حلقة ارتجاع إيجابية (دخول أيونات Na بعد استقطابها للخلية، يزيد من المواصلة الكهربائية لـ Na وهكذا). والتغير الثانى هو زيادة فى المواصلة الكهربائية للأيونات K، وفى هذه المرة تكون الحلقة الاسترجاعية سلبية: خروج الأيونات K تتجة نحو مقاومة عدم الاستقطاب الذى ولد هذه الزيادة (شكل ٢). هذا الوصف يتيح التوصيف الكمى لجذور النشاط الكامن وانتشاره، ولكن الدعامة الفيزيائية لتغير المواصلة الكهربائية تظل غير معروفة. ونحن نقتنع بأن الأيونات لا تخترق الأغلفة إلا من خلال البروتينات وليس من خلال الشحوم، ولكن كيف يتسنى لنا أن نعرف ما إذا كانت البروتينات ناقلات أم قنوات؟ إن نمو علم الوراثة الذرى وتقنيات Patch-clamp سوف يظهران بطريقة ناجعة أن انتقال الأيونات المسئولة عن النشاط الكامن يتم خلال قنوات أيونية تعرف اليوم مراحلها الأولى، وقد بدأنا فى فهم بنائها ثلاثى الأبعاد.

بعض الصور توضح مراحل هذا التطور. والشكل ٣ يوضح تسجيلاً تم الحصول عليه باستخدام طريقة Patch-clamp التى اخترعاها نهير Neher وساكمان Sakmann فى نهاية السبعينيات. حيث نرى انفتاح القنوات الفردية فى قطعة من غلاف خيط عضلى. وواقعة أن التيار له شدة متطابقة فى كل الحالات تدل على أنه يؤثر على ذرة واحدة. وواقعة أن التيار يقاس بـ pA تظهر أن هذه الذرة تسمح بنقل عدة ملايين من الأيونات فى المللى ثانية: وهذا ممكن من خلال مسام « قناة مائية» ولن يكون ذلك كذلك لو كان يتوجب على الناقل ذهاب–عودة من ناحية إلى أخرى من الغلاف.

نظرتنا هذه للقنوات الأيونية رضيت طويلاً بالتخطيطات التى يعد أشـــهرها بلاشك تخطيطات كلاى أرمسترونج Clay Amstrong الذى أعاد تجميعهـــا فـــى مقال سنة ١٩٩٢ فى مجلة (Physiolgical Reviews) فى باب عـــروض الحقبـــة «البطولية»، حيث كان يعرض لمفاهيمه عن مرشـــحات الاختيـــار (التـــى تميـــز الأيونات التى تسمح بالمرور والتى لا تسمح) والعناصر التى تتحكم فـــى إغـــلاق وفتح القنوات: «باب» مسئول عن الفتح «وكرة» مربوطة فى «سلسلة» تقـــوم فـــى بعض القنوات بإغلاق القناة بعد فتحها، مشابك مشحونة حيث يؤدى تحركهـــا فـــى المجال الكهربائى إلى فتح القنوات بعدم الاستقطاب. هذه التخطيطات استبدلت فـــى البداية معطيات من البيولوجيا الذرية التى حددت المشبك والكرة، ثم حددت فى سنة ١٩٩٨ صورة الرسم المتبلور لبناء القناة K التى تم الحـــصول عليهـــا مـــن قبـــل مجموعة ماكينون R.MacKinnon بداية من أول قناة متبلورة قناة KcsA. القنـــاة تتضمن على السطح الداخلى ممر، حيث تدخل الأيونات فى الحالة المائية ومرشـــح ضيق لا يمكن للأيونات أن تعبره إلا فى الحالة الجافة (الخالية من الماء).



الشكل (٢)

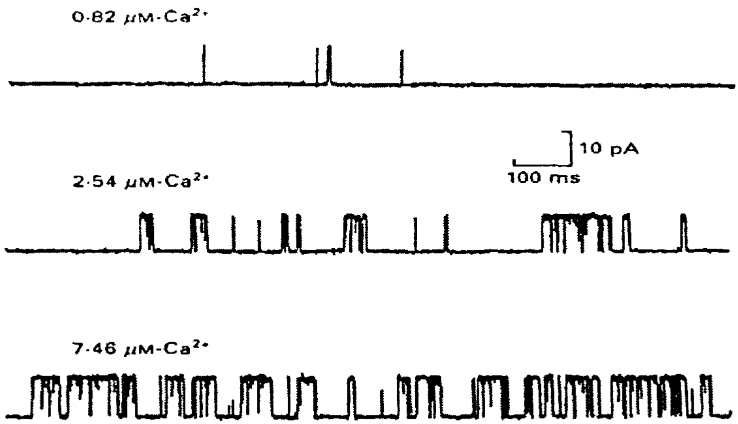
التغيران فى التوصيلات الكهربائية المسئولة عن النشاط الكامن

إننا ندين بفهمنا لميكانزمات النشاط الكامن إلى بحوث كل من هودكن وهكسلى على المحور العصبى لكلمار Calmar. إن تنشيط موصلتين كهربائيتين بعدم الاستقطاب يحرك حلقتين استرجاعيتين متعارضتين.

دائرة استرجاعية إيجابية: إن عدم استقطاب الغلاف يزيد من القابلية للتوصيل الكهربائى لدى أيونات Na ؛ وهذا يؤدى إلى دخول Na فى الخلية وإذن عدم استقطاب. إذا استمر هذا المسار وحده لا يتوقف إلا إذا أدى عدم الاستقطاب بالغلاف إلى توازن كامن فى أيونات Na.

دائرة استرجاعية سلبية: إن عدم استقطاب الغلاف يزيد من قابلية التوصيل الكهربائى للأيونات K، مما ينتج عنه efflux للأيونات K وإذن الاستقطاب الأقصى للغلاف. هذه العملية تتعارض تمامًا مع العملية السابقة (وإذن فى بداية النشاط الكامن) إذا لم يكن «متأخرًا»: فهو لا يبدأ إلا إذا كان النشاط الكامن قد بدأ، وبهذا سوف يساهم فى إتمام النشاط الكامن بإعادة استقطاب الخلية.

وعلى ذلك فإن الكروكى المرسومة لى فى ركن من مفرش المائدة فى السبعينيات نجد أنها توقعت بطريقة مدهشة، المعطيات الشديدة للبيولوجيا الذرية والبيولوجيا البنائية.



شكل (٣)

قنوات K الحساسة لـ Ca داخل الخلية

التيارات العابرة للقنوات الأيونية الفردية المسجلة فى البتش المرفوع على

ألياف عضلية مخططة على كمون إيجابى. الأيونات K العابرة للقناة تعطى فرصة لتيار خارج (متجة نحو الأعلى) حينما يُنوع تركيز Ca على السطح الداخلى للخلية من ٠,٨٢ μM إلى ٧,٤٦ μM، سعة التيار لا تتغير ولكن عدد القنوات ومدتها تزيد. احتمال فتح القناة يزيد كدالة لـ Ca.

الإشارات المتدرجة والإشارات الدورية

إذا كان النشاط الكامن أكثر الإشارات لفتًا للنظر فهو ليس الوحيد، وواقعة أنه «كل أو لا شيء» لا تسمح له بأن يكون مستخدمًا فى العمليات الحسابية التى تضمن الجمع والطرح والضرب والتكامل[٥].

نفس آلات التقنيات التى أتاحت فهم النشاط الكامن وأدت إلى التعرف على البروتين الذى يبنى هذا النشاط تم تطبيقها فى تحليل الإشارات الأخرى، وبالذات المشتبكات الكامنة. فى نقطة الالتقاء بين العصبونات والمشتبكات تُظهر الميكروسكوبية الإلكترونية، فى النهايات ما قبل المشتبكية، وجود الحويصلات المشتبكية (مليئة بالناقلات العصبية) ومن الناحية الأخرى من الثغرة المشتبكية، نلاحظ غالبًا سُمك يترجم وجود تركيبات ماكروذرية، تنتظم حول البروتين (مستقبلات) سوف تتركز عليها الموصلات العصبية. ووصول الحركة الكامنة يثير انفجار (exocytose) الانتفاخات المشتبكية. الموصل العصبى ينتشر خلال مساحة مشتبكية فى حدود ٢٠٠ A° أنجستروم لكى يُثبَّت على مستقبلات ما بعد المشتبكات ويبدأ فى فتح القنوات الأيونية فى المستقبلات. وتبعًا للاختيار الأيونى لهذه القنوات فقد يؤدى هذا إما إلى عمليات استقطاب (وخلق إذن مثير مشتبكى كامن) وإما إلى استقطاب أقصى (وإذن مثبط مشتبكى كامن). إن عصبونًا ما قد يتلقى عدة عشرات من الآلاف من التماس المشتبكى، والعملية الحسابية الأساسية لديه عبارة عن إجراء المجموع الجبرى لآثار عدم الاستقطاب والاستقطاب الفائق.

مستقبلات الموصلات العصبية ذات الأثر السريع (أسيتيل كولين وحامض جاما أمينو بيتوريك وجليسين وجلوتاميت وATP... إلخ) تم استنساخها تقريبًا. لا

يوجد منها ما أصبح متبلورًا، ولكننا نعلم أن الأمر يتعلق بـ مالتيمير (بينتامير أو تيترامير). وقناتها تشبه القنوات الأيونية المفتوحة للتغير الكامن. وهى تختلف عن هذه الأخيرة من حيث إن «الأبواب» التى تتحكم فى فتح القنوات محكومة برابطة الموصلات العصبية وليس بما هو كامن. وفى بعض المستقبلات مع ذلك، يوجد تحكم مزدوج. وهى خاصة حالة مستقبلات الجلوتاميت المسماة «NMDA» التى لا تنفتح إلا إذا تحقق شرطان متزامنان: رابطة الجلوتاميت وعدم الاستقطاب، وهذه الأخيرة لها أثر نقل إيون Mg من القناة، وهذا الإيون يتجه للتثبت على الكومونات السلبية.

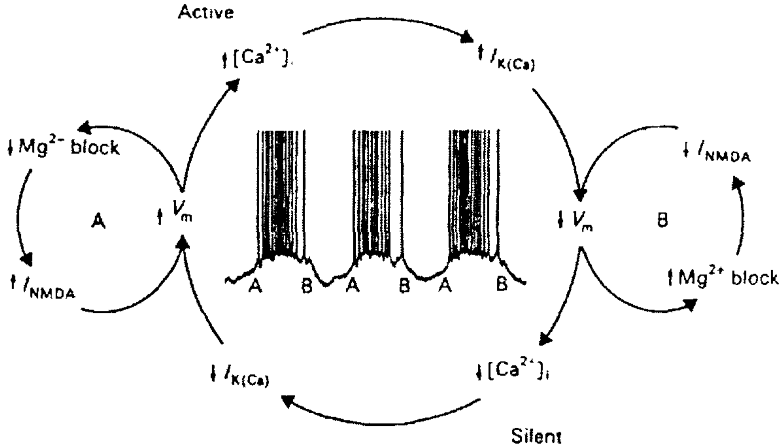
إن عدد القنوات الأيونية المستنسخة ازداد بسرعة شديدة (إنه يعد الآن بالمئات) ولكنه بطريقه إلى التوازن حاليًا: ولا يوجد عمليًّا تغير فى التوصيل الكهربائى، يحدده أخصائى الفسيولوجيا الكهربائية، يمكن مواجهته بمرشح للاختبار أو أكثر فى مرحلة معروفة.

الإشارات الدورية تستخدم هى أيضا قنوات أيونية

الإصدارات الإيقاعية للنشاط الكامن المتضمن فى كثير من الظواهر الفسيولوجية أو المرضية ــ مثل حالة النوم، (التى نعرف منذ زمن بعيد أن التحركات الشكلية للعصبونات المخية «تؤشر» لمختلف حالات النوم)؛ وحالة الأنشطة الحركية الإيقاعية كالمشى والسباحة والتنفس؛ وحالة البؤر الصرعية. وفيما وراء ذلك فإن الدور المسند للتذبذب فى نشاط المخ ينمو بانتظام.

وآليات التذبذب فى الغلاف الكامن فى غاية التنوع، بعضها يتضمن خواص مرتبطة بعصبون واحد، وبعضها الآخر مرتبط بتفاعلات العصبونات فى «دائرة متذبذبة». وفى حالة التذبذبات المرتبطة بإيقاعات النوم، فإن أحد العناصر الأساسية للإيقاع هو اشتراك قناتين أيونيتين، I_T وI_h فى نفس العصبون التابع للمهاد، وهما القناتان المستنسختان سنة ١٩٩٨. وفى حالة تذبذبات كثيرة والتى

تطلق أنشطة حركية، فإن زوجًا آخر من القنوات يتدخل: قناة مستقبلة NMDA والتى تبلغ حساسيتها للكمون أنها من الممكن أن تطلق سير عملية عدم الاستقطاب المجدد، وقناة K منشطة بـ Ca داخل الخلية، هى أساس لسير عملية استرجاعية سلبية (شكل ٤).



شكل (٤)

رسم بيانى لنموذج مصغر لنشوء النشاط الإيقاعى بتنشيط المستقبلات NMDA

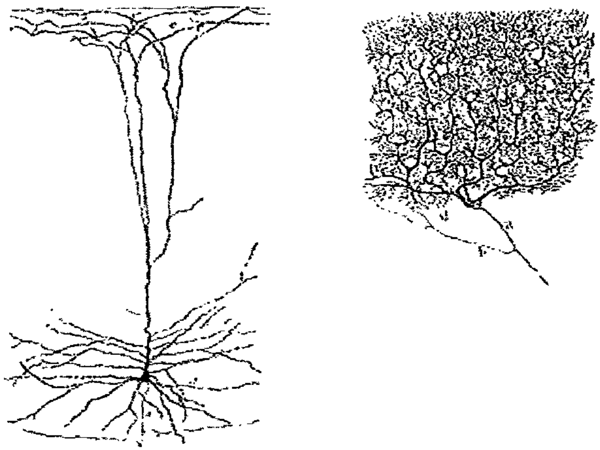
الدائرة الصغيرة اليسرى توضح الأثر الكامن على القنوات NMDA: عدم الاستقطاب يرفع الكتلة Mg مما يفتح القنوات ويزيد من الاستقطاب (الحلقة الاسترجاعية الإيجابية). الدائرة الكبيرة توضح الآثار المرتبطة بتغير التركيزات داخل الخلايا للـ Ca: دخول الـ Ca يزيد عندما يؤدى عدم الاستقطاب إلى فتح القنوات NMDA المسامية للـ Ca. ولكن عندما يصبح تركيز الـ Ca داخل الخلية مرتفعًا، فإنها تطلق فتح قنوات k الحساسة للـ Ca (شكل ٣) وهذا يعيد استقطاب الخلية. وإعادة الاستقطاب هذه تقفل قنوات NMDA و(الدائرة الصغيرة ناحية اليمين) الحلقة الاسترجاعية تقوم بدور الآن لتزيد من إعادة الاستقطاب.

يمكن للزوائد العصبية أن تضخم المشتبكات الكامنة ويمكن أيضا أن تحس إمكانات كامنة للحركة

النموذج الأقدم للعصبون الذى يسمى أحيانًا *integrate and fire* («تكامل وشحن») يتميز بوجود منطقتين للكمون: منطقة موجودة تحت العتبة حيث يتم مجموع المداخل، ومنطقة فوق العتبة حيث يوجد إصدار للحركة الكامنة «كل أو لا شيء». وناتج جمع المشتبكات الكامنة يتوقف ليس فقط على سعتها وإنما أيضا على حركيتها (انطلاق سريع ومسار أبطأ) والفروق الزمنية التى تتتابع بها الرسائل. المسار يرتبط بدوره بعدة قياسات (مقاومة الدخول للخلية وحركية العلاقة بين الموصل والمستقبل والمحاولات الأولى للنمذجة) ولكن أيضا لهندسة العصبون.

وبداية من سنوات الخمسينيات كان قد تم التحقق من أن استقبال الإشارات ونقلها يتم فى مناطق مختلفة: لدى الفقريات تتم التقربات المشتبكية على الجسم والزوائد العصبية فى حين أن الحركة الكامنة تولد فى نقطة بداية الـ axone (مخروط أكسونى) وكانوا قد لاحظوا مبكرًا المشكلة التى يطرحها التكامل على مستوى المخروط الأكسونى، للإشارات المتلقاة من أفرع الزوائد الأكثر بعدًا (شكل ٥): هذه الإشارات كان يجب أن تكون منخفضة بشكل كبير بين الزوائد والمحور العصبى بحيث لم يكن مفهومًا الدور الفسيولوجى الذى تلعبه. وخلال السنوات الأخيرة تم حل المشكلة بتوضيح أن الزوائد لديها قنوات حساسة للكمون وليست (أو نادرًا) ما تكون سلبية. المشتبك الكامن غير المستقطب (المثير) يمكن أن يتضخم بوجود تيارات نشطة (تيارات Na وتيارات Ca) ؛ ويمكن أيضا أن يخفض أو يختصر بتيارات أخرى حساسة لكمون (تيارات K^+ وتيارات I_h) ويبدو من الضرورى الآن إنشاء حسابات «موضعية» لتطور التيارات. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الزوائد قادرة على تنمية كمونات الحركة، مما يحل مشكلة نقل الرسائل الآتية من مناطق الزوائد الأكثر بعدًا. وأخيرًا فإنه فى كثير من العصبونات تعتبر الزوائد مركزًا لكمونات حركة «أنتيدروميك» التى تنتشر من الجسم نحو الزوائد

مغتصبة «قانون الاستقطاب الديناميكى» ذلك القانون الذى يجعل كمون الحركـــة لا يمكن أن ينتشر، فى الظروف الفسيولوجية، إلا فى اتجاه «أورثودروميك» (الزوائد نحو الأكسون). استرجاعية الانتشار للنشاط الكـــامن تُعلّـــم العـــصبونات المثيـــرة المنشطة إلى أن نشاطها أدى إلى إرسال نشاط كامن.



شكل (٥)

زوائد شجرية لاثنين من العصبونات الأكثر دراسة فى الجهاز العصبى المركزى للفقريات: خلية هرمية من القشرة المخية على اليسار؛ وخلية Purkinje فى المخيخ، على اليمين.

اللدونة المشتبكية. التحقق من التطابق

الجهاز العصبى لدن. وقد تمت المحاولات الأولى لتفـسير هـذه اللدونـة بطرق بحث خلوية من قِبل عالم النفس دونالـد هـب Donald Hebb فـى سـنة ١٩٤٩، وأصبح هذا التفسير مشهورًا بعد اكتشاف «الكمون بعيد المـدى» (LTP). وتعرض بعض المشتبكات التى تم التعرف عليها، لاستثارة ذات تردد عـالٍ لمـدة ثوانٍ قليلة يمكن أن يغير من الفاعلية المشتبكية لفترة قد تمتد عدة ساعات، أو حتى عدة أيام. ومن المشتبكات الأكثر تعرضًـا للبحـث وهـو مـشتبك قـرن آمـون hippocampe نعرف أن:

- الاتصالات المشتبكية تتم على الزوائد الشجرية على مستوى «أشواك الزوائد» التى تحمل نمطين من المستقبلات للجلوتاميت، مستقبلات AMPA ومستقبلات NMDA.
- حينما ينبه الخيط القبل مشتبكى بإيقاع ضعيف، فإن الكمون المشتبكى يسببه تنشيط مستقبلات الجلوتاميت من النوع AMPA-R. وهو ذو مقاس ثابت وفى أغلب الأحيان أصغر من أن يسمح للغشاء الكامن بالوصول إلى عتبة النشاط الكامن. والمستقبلات NMDA مثبتة بأيونات Mg.
- وإذا كان تحرر الجلوتاميتglutamate بالخيط القبل مشتبكى يتطابق مع عدم استقطاب الزوائد فإن قنوات استقبال NMDA يمكن أن تفتح. ودخول Ca الناتج من هذا الانفتاح سوف يؤدى إلى عدم استجابة المستقبلات AMPA وذلك جزئيًا بإدماج الغشاء القبل مشتبكى للمستقبلات AMPA التى سبق جمعها تحت غشاء البعد مشتبكى.

يظهر المستقبل NMDA هنا «ككاشف للتطابق» ودخول Ca لا يتم إلا حينما تتطابق وصلة الجلوتاميت على مستقبلات NMDA فى الزمن مع عدم استقطاب الزوائد. عدم الاستقطاب هذا يُحرِّض بالنشاط الكامن«antidromique» الذى يصعد من الجسم الخلوى ويشير إذن للمشتبك أن يوجه إرسال للنشاط الكامن - إما لواقعة التنشيط المتكرر للمشتبك المدروس (الكمون المشتبك البشرى)، أو واقعة الاشتراك فى زمن تنشيط هذا المشتبك مع تنشيط مدخل مشتبكى آخر (الكمون المشترك). والحالة الأولى هى بالدقة ما تنبأ به هب Hebb حينما كتب: «حينما يكون محور عصبى لخلية أ جاهزًا للاستثارة بالخلية ب وأنه بطريقة متكررة أو مستمرة يساهم فى تفريغ هذه الخلية، فإنه يَحدث فى إحدى الخلايا أو فى كلتيهما تكاثر أو تغير أيضى بحيث إنه فى داخل مجموعة الخلايا القادرة على تنشيط ب تزيد فاعلية أ.»

يجب أن ينوه إلى أن العملية السيمترية للكمون والانخفاض طويل المدى موجودة فى نفس المشتبكات، ويسمح لنا هذا أن نفسر أن الجهاز لا يتشبع خلال حياة الحيوان.

إلى أين يذهب تحليل الإشارات العصبية؟

نحن ندخل فى القرن الحادى والعشرين بصورة متماسكة لما يسمى عصبون وبوعى حاد لمدى تنوع هذه العصبونات. وإحدى التطورات المنظـــورة للبحـــوث القادمة هى فهم عمل الزوائد الشجرية، وفيما بعد المشتبكات المنفردة. وجزء كبير من المشتبكات تتم على الأشواك المشتبكية. هذه النتوءات التى تبلغ كسر مـــن μm الذى حدد منذ بداية القرن العشرين (١٩٠٩) من قبـــل Cajal تحـــسب بعـــشرات الآلاف على الخلايا الهرمية للقشرة المخية وتعد بمئات الآلاف على زوائد خلايـــا purkinje بركنجى. والأشواك الشجرية صغيرة جدا بحيث يصعب الوصول إليهـــا من قبل علماء الفسيولوجيا الكهربائية. ولكن دراسة هذه الزوائد دخلت حـــديثًا فـــى مرحلة جديدة بفضل مزج طريقتين تكميليتين: تطور *التصوير الجيرى* الذى يتـــيح متابعة «مباشرة» لتطور تركيز Ca السيتوبلازمى وتطور وســـائل *ميكروســـكوبية جديدة* (الميكروسكوبية مزدوجة البؤرية والميكروسكوبية مصاحبة البؤرية) الـــذى أتاح تناول مقياس الميكروميتر الذى كان «ممنوعًا» حتى الآن.

يصف لنا نص شهير لشيرينجتون sherrington المخ «كنـــول ســـحرى» (نول هنا بمعنى نول نسيج) an enchanted loom where millions of flashing shuttles weave a dissolving pattern, always a meaningful pattern though never an abiding one; a shifting harmony of subpatterns[8] «نول سحرى حيث ملايين المكوكات المتحركة تنسج نموذجًا متغيرًا، ودائمًـــا ذا معنـــى حتى وإن لم يكن أبدًا مستمرًا». ويبدو أننا على مشارف تحقق هذه الرؤية التنبؤية.

المراجع:

1. PICCOLINO, *Trends in Neurosciences*, n° 23, 2000, p. 147-151.
2. DU BOIS REYMOND (E.), *Reden*, Leipzig, vol. 2, 1887.
3. BULLOCK (T.-H.), ORKAND (R.) et GRINNELL (A.), *Introduction to nervous systems*, San Francisco, Freeman, 1977 (fig. 4.8, 4.9 et 4.10).
4. MCMANUS et MAGLEBY, *J. Physiol.*, London, n° 443, 1991, p. 739-777 (fig. 2A).
5. KOCH (C.), *Biophysics of computation*, Oxford University Press, 1999.
6. HU (B.) et BOURQUE (C.-W.), *J. Physiol.*, London, n° 458, 1992, p. 667-687 (fig. 16).
7. RAMON Y CAJAL (S.), *Histology of the Nervous System of Man and Vertebrates*, Oxford University Press, 1995 (fig. 369 et fig. 6).
8. SHERRINGTON (C.), *Man and His Nature*, 1940.

المخ الخاص بالمعرفة
فسيولوجيا المعرفة وصور المخ(٣)

بقلم: برنارد مازوبير
Bernard MAZOYER

ترجمة: ماجدة الريدى

إن العلاقات بين المخ والفكر كانت لمدة ٢٥٠٠ سنة موضع تفكير مستمر ومناقشات نظرية حارة بين الماديين والثنائيين. الأوائل (أفلاطون Platon ودى لامترى de La Mettrie وجال Gall) يعتبرون أن المخ هو مصدر ومركز أفكارنا ومشاعرنا على حين أن الآخرين (أرسطو Aristote وديكارت Descartes..) مع اعترافهم للمخ بدور ما فى أفعالنا فإنهم يرجعون أفكارنا ومشاعرنا إلى موضوع لامادى أو بالأحرى مفارق يسمح احتماليا لعقلنا بأن يتبعنا بعد الموت. وغياب طرق ملاحظة المخ أثناء أدائه سمح بانتقال هذا النقاش عبر القرون، وكان لابد أن ننتظر حتى القرن العشرين حيث أصبح المخ متاحًا للتجريب. إن نمو طرق البيولوجيا الذرية والخلوية للعصبون، وكذلك ابتكار تقنيات تسمح بدراسة خواصه الكهربائية والأيضية أتاح تقدمًا كبيرًا فى فهم وظائف مكونات العصبون الأساسية. أغلب معارفنا عن عمارة وعمل المخ الإنسانى تم الحصول عليها إذن من المستوى الميكروسكوبى، سواء عن طريق التحليل بعد الموت لبنائها أو بتعميم نتائج الدراسات المنفذة فى الجسم الحى in vivo على الحيوان بمساعدة تسجيلات النشاط الكهربائى أو الأيضى للعصبونات.

---

(٣) نص المحاضرة رقم ٣٤ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٣ فبراير ٢٠٠٠.

ومع ذلك، توجد خاصية أساسية للمخ، وهى تعدد مستويات تنظيمه التى تمتد على مدرج مزدوج مكانى وزمنى. الفحص المجهرى والماكروسكوبى (الذى يرى بالعين المجردة) للّحاء يبين فعلا عناصر بنائية مختلفة يتراوح مقاسها ما بين بضع Angströms أنجستروم إلى عدة سنتيمترات: من ذرات ومشتبكات وخلايا وأعمدة وتجمع أعمدة فى شبكات موضعية مشكِّلة مناطق ماكروسكوبية، وشبكات مساحات ماكروسكوبية.

ويتطابق مع هذه المستويات المختلفة من العمارة خصائص وظيفية مسماة البازغة، أى تلك التى يمكن تفسيرها بشكل مباشر بخواص المستويات التحتية. الأحداث المخية تتم فعلا بمقاييس زمنية مختلفة: أقل من المللى ثانية فيما يتعلق بالأحداث الذرية مثل التفاعلات بين العصبونات الموصلة والمستقبلة، وبضع من المللى ثانية فيما يتعلق بكوامن الغلاف وعدة مئات من المللى ثانية فيما يتعلق بدينامية شبكات المناطق عن بعد، ومن عدة دقائق إلى سنين عدة حينما يتعلق الأمر باكتساب مهارات معرفية كاللغة أو الذاكرة.

صعوبة دراسة عمل المخ الإنسانى على المستوى الماكروسكوبى تأتى من أن الأمر يتعلق بعضو حيوى محمى بالقحف الذى لا يجعله فى متناول الدراسة الخارجية، وحيث الدراسة المباشرة قد تطلبت حتى وقت قريب مقاربة صدمية للحيوان أو خلال تدخلات جراحة الأعصاب. عدا ذلك فإن دراسة الهندسة الوظيفية الماكروسكوبية للمخ الإنسانى، الحامل لوظائفه الأكثر رقيًّا والمسماة أيضا الوظائف المعرفية أو الوظائف المتكاملة، ظلت حتى نهاية القرن التاسع عشر موضع تفكير ومناقشات محمومة. ويمكننا أن نرجع لبول بروكا Paul Broca الدراسة التجريبية الأولى للتحديدات الموضعية للعمليات المعرفية وذلك فى سنة١٨٦١، وذلك بفضل ملاحظة مريض باضطراب فى اللغة أثبت الفحص الرمِّى للمخ بعد بضعة أيام من ظهور الاضطراب، تهدم جزء من المنطقة السفلى للفص الجبهى الأيسر. وكونت هذه الملاحظة نقطة البداية لمنحى تجريبى يسمى التشريح الإكلينيكى، أو الصدعى وهو عبارة عن عملية ربط اضطراب وظيفة معرفية مع مكان صدع مخى. وكان

الأمر محدودًا فى البداية، لضرورة انتظار موت المريض لتحديد مركز الصدع المسئول عن التلف المعرفى وذلك بتشريح المخ، وهذا المنحى المسمى أيضا السيكولوجيا العصبية عرف لحظات مجده بظهور جهاز المسح بأشعة إكس فى السبعينيات، ثم التصوير بالرنين المغناطيسى (IRM) فى الثمانينيات، وهاتان الطريقتان للتصوير غير الصدميتين تسمحان لدى الإنسان الحى بملاحظة البناء الماكروسكوبى للمخ وللصدوع المحتملة على شكل سلسلة من المقاطع. وعلى الرغم من أن السيكولوجيا العصبية أمدتنا بالأساس لمعارفنا عن هندسة الوظائف المعرفية حتى وقتنا الحالى إلا أنها تظل محكومة بحدود كثيرة فيما يتعلق بإمكانية التعميم على المخ المعافى للنتائج المستخلصة من ملاحظة المخ المصدوع الذى يعانى من تعسر وظيفى: يوجد بالفعل تنوع كبير من مريض لآخر من حيث الطبيعة الدقيقة ومدى الاضطرابات المعرفية ومن حيث مواقع ومقاسات الصدوع وتطورها عبر الزمن وأهمية ظواهر اللدونه والاستعادة.

وفى هذا السياق ما يعتبر ثورة حقيقية، هو ابتكار تقنيات جديدة للتصوير خلال التسعينيات تسمح بدراسة عمل المخ على المستوى الماكروسكوبى وليس فقط دراسة بناء المخ الإنسانى الحى، وكل هذا بطريقة غير صادمة. وهذه التقنيات المختلفة تتيح الحصول على صورة ثلاثية الأبعاد لبراميتر فسيولوجى على علاقة مباشرة أو غير مباشرة بالنشاط المشتبكى الموضعى. وبشكل تخطيطى توجد مجموعتان من التقنيات: الطرق الكهرومغناطيسية (التخطيط الكهربائى للمخ أو EEG والتخطيط المغناطيسى للمخ MEG)، وطرق ديناميات الدم والطرق الأيضيه (توموجرافيا تصوير شعاع طبقى للأوضاع أو TEP والتصوير بالرنين المغناطيسى الوظيفى أو IRMF).

الطرق الكهرومغناطيسية قائمة على ملاحظة الظواهر ذات العلاقة المباشرة بتبادل المعلومات بين العصبونات. بعض خواص غلاف العصبونات تتيح لها بالفعل تبادل المعلومات على هيئة نبضات كهربائية trains، تسمى كمونات النشاط

التى تنتشر بطول محور الخلية العصبية حتى المشتبكات، حيث يطلق تحـــرر فـــى الفجوة المشتبكية لذرة مسماة الموصل العصبى. وما أن يستقبل الموصل العـــصبى المثبت على المستقبلات الغلاف المشتبكى البعدى للعصبون المعلومة، يظهر سواء عدم استقطاب (فى حالة مشتبك مستثير) أو استقطاب عال (فى حالة مشتبك كاف) لغلاف عصبون المشتبك البعدى. التكامل فى كل لحظة لعصبون ذى ألف من تلـــك المعلومات يؤدى إلى ظهور أو عدم ظهور للنشاط الكامن الذى ينتشر بدوره نحـــو ألْف من العصبونات المرتبطة به. إنها حركـــات أيونـــات (Ca^{++}, Cl^{-}, Na^{+}, K^{+}) عبر قنوات غلافية ناقلة تولِّد تنوعات الغلاف الكامن وتغير بطريقة آنيـــة المجـــال الكهرومغناطيسى الموضعى. تنتشر هذه التنوعات بسرعة الضوء خلال الأنـــسجة ويمكن تسجيلها بطريقة آنية خارج الرأس سواء على شـــكل تغيـــرات للكهربـــاء الكامنة (EEG)، وذلك بمساعدة إلكترود موضوع على فروة الرأس أو فى المجال المغناطيسى (MEG)، بمساعدة مقياس مغناطيسى• ورغم تـــشوه إشـــارات EEG لمرورها بالأنسجة المختلفة التى ينتشر خلالها المجال الكهربائى فإنها تكون أســـهل تسجيلا (هى بحدود بضعة ميكروفولت) من إشارات MEG فهـــى بحـــدود بـــضع فيمتوتسلا (أى أضعف من المجال المغناطيسى الأرضى بمئة مليار مرة!)، بحيـــث يلزم قوابض خاصة تسمى أسكيد SQUIDS (اختصارًا لـــ«جهاز تـــدخل الـــسوبر كانتوم») وقفص فراداى• ومن مميزات التقنيات الكهرومغناطيـــسية أنهـــا تعطـــى انعكاسًا مباشرًا للنشاط المشتبكى وتسمح بمتابعته خلال زمن حقيقى أى فى حـــدود المللى ثانية وأنها آمنة تمامًا بما أنها تتم بملاحظة المجال EM المنتج تلقائيا من مخ المفحوص. ومحدودياتها الأساسية تقع فى انعدام قدرتها على إعطاء تموضع دقيق غير مشكوك فيه وكذلك عدم قدرتها على تحديد عدد المناطق العصبية التى تكـــون السبب فى تغيرات مجال EM الملاحظة. وتأتى هذه المحدودية النظريـــة مـــن أن المشكلة المتضمنة فى حساب توزيع المصادر العصبونية الكهربائية المنتظر منهـــا خلق تغيرات المجال EM الملحوظة على فروة الرأس تفترض عدد لا نهائى مـــن الحلول. يتوقع من هذه الطرق منحنا معلومات أساســـية عـــن توقيـــت وإيقاعـــات

الأنشطة العصبونية، ولكن يجب وجوبيًا أن تتزاوج مع مناحٍ أخرى حتى نحصل على معلومة عن تموضع هذه الأنشطة بطريقة موثوق بها.

المجموعة الثانية من طرق التصوير المخى قائمة على الإشارات التى لا تأتى مباشرة من النشاط الكهربائى للعصبونات ومن عملية النقل العصبونى نفسها وإنما تكون نتيجة لها. وتولد تنوعات النشاط المشتبكى (استقطاب الأغلفة) استهلاك موضعى للطاقة (على شكل تدهور فى النهايات المشتبكية أدنوزين ثلاثى الفوسفات أو) الذى يخدم إعادة مكونات الغلاف والتركيب الجديد للناقل العصبى،... إلخ.

فى الخلايا العصبية يمر التركيب الجديد ATP بالضرورة بالأيض الهدمى للجلوكوز فى وجود أو عدم وجود الأوكسجين، وهو تفاعل يتم فى الميتوكندرى وهى ميكروبنائيات موجودة فى العقد المشتبكية. وبما أن الخلايا العصبية ليس لديها مخزون من الجلوكوز بعيد المدى، فإن أى استهلاك موضوعى للـ ATP يتطلب فى نفس المكان تسلم لمزيد من الجلوكوز والأوكسجين.

ويؤمن هذا التسليم بزيادة فى المعدل الدموى المخى الموضعى عن طريق آلية ليست معروفة تمامًا، ولكن يبدو أنها تعمل على إدخال ظواهر جينية عصبية ووسائط كيميائية فى الوقت نفسه. وتسمى التقنيات الديناميـة الدموية (TEP, IRMF) كذلك لأنها تتيح الحصول على خرائط للمعدل الدموى المخى فى المنطقة (DSCR)، بفضل القياس من الخارج لدرجة تركيز مادة تتوزع كدالة للـ DSCR. ومن المهم أن ينوه إلى أن الموضوع هنا عبارة عن قياس غير مباشر للنشاط المشتبكى، وخاصة أن الاستجابة الديناميكية الدموية لنشاط عصبونى تجد نفسها قد تأخرت (ثانية أو ثانيتين) وامتدت (لمدة من ثانية إلى عشرين ثانية) بالنسبة للنشاط المشتبكى من حيث القصور الذاتى للجهاز الوعائى.

فى الـ TEP وهى تقنية ظهرت فى نهاية الثمانينيات تكون المادة عبارة عن ماء أصبح مشعًا باستبدال أوكسجين - ١٦ الطبيعى بأوكسجين -١٥ مرسل لبوزيتون (والبوزيتون هى جزيئات مضادة من الإلكترون) والتى يحقن بها

الشخص عن طريق الوريد وتتوزع حسب المعدل الدموى. فى النسيج المخى يتوزع الماء المشع وبالتالى فإن عدد مرات إرسال للبوزيتون، متناسبة مع DSCR. كل إرسال للبوزيتون يولد زوجًا من الفوتون جاما عكس متوازٍ الذى يعبر المخ ويمكن كشفه بفضل عدة آلاف من الكاشفات الموضوعة على شكل حلقات حول رأس المفحوص. وعلى أساس تسجيل مجموع المرسلات للأوضاع خلال مدة دقيقة تقريبًا، من الممكن إعادة بناء توزيع الإشعاع وإعادة بناء DSCR فى المخ. لتوضيح شبكة المناطق المخية المعنية بمهمة معرفية، نقوم بعمل قياسات متكررة لـ DSCR بينما يقوم المفحوص بأداء المهمة وكذلك خلال شرط تحكمى (فترة مدتها عشر دقائق ضرورية بين قياسين متتاليين حتى يختفى الإشعاع المخى لقياس ما حيث إن الأوكسجين –١٥ له نصف عمر إشعاعى مدته مائة وثلاثة وعشرون ثانية). فمثلاً لدراسة المناطق المخية المعنية بفهم حكاية، تُقدم للمفحوص حكاية قصيرة من خلال سماعات ويتم التسجيل بينما هو يستمع. ثم بعد عشر دقائق يتم تسجيل جديد بينما المفحوص فى حالة الراحة. وهذا الزوج من الشروط يمكن أن يكرر حتى ٦ مرات لنفس المفحوص. والفرق بين خرائط النتائج الخاصة بكل من الشرطين (الاستماع للحكاية مطروح منها الراحة)، يسمى خريطة النشاط المخى، ويبين المناطق حيث معدل السرعة وكذلك النشاط المشتبكى قد تغيرا خلال إجراء الوظيفة المعرفية موضع الفحص. والعدد الكبير من الكاشفات يسمح برسم خريطة للمخ فى مجموعة ثلاثية الأبعاد بدقة بحدود ٠,٢ سم٣، ولكن الـ TEP يقدم قيودًا كثيرة عملية وتكنولوجية. فى المقام الأول يجب حقن مادة مشعة للمفحوص بكميات صغيرة طبعًا، ولكنها كافية بحيث يكون العدد الكامل للقياسات لشخص واحد فى حدود ١٢ قياسًا. ولما كانت الكيفية الإحصائية للصور TEP التى يتم الحصول عليها لشخص واحد، فى أغلب الوقت، غير كافية فإن الخرائط الخاصة بعدة أشخاص يجب أخذ متوسطها حتى يمكن عمل تحليل يوثق به. إجراء عمل المتوسط للصور المخية لأشخاص مختلفة يطرح قضايا نظرية وعملية كثيرة، نظرًا للتنوع التشريحى والوظيفى الموجود بين الأشخاص؛ هذه القضايا لم تحل إلا جزئيًا على حساب تدهور الدقة المكانية للتقنية التى تدور حول ١سم٣. ومن ناحية أخرى، فإن TEP لها دقة زمنية ضعيفة وبحدود دقيقة مما يجبر المفحوص على

أداء الوظيفة المعرفية موضع الدراسة على مستوى ثابت خلال الدقيقة، ويمنع بهذا من دراسة الإجراءات المعرفية التى تكون مدتها أقصر. وأخيرًا فإنه برغم كونهـا التقنية المرجعية خلال عشر سنوات فى هذا المجال من البحث فإن انتشارها كـان محدودًا نظرًا لتكلفتها (لابد من وجـود سـيكلوترون cyclotron بجـوار كـاميرا بوزيتون لإنتاج أوكسجين -١٥ مع وضع نصف عمره القصير فى الاعتبار).

ومع أن TEP مازال مستعملاً حتى الآن إلا أنه قد حل محلـه فـى نهايـة التسعينيات التصوير بالرنين المغناطيسى الوظيفى (IRMF)٠ ومع أنه يشبه الـــ TEP فى بعض النواحى، خاصة فى إمكانية الحـصول علـى خريطـة للوقـائع الديناميكية الدموية المرتبطة بالأنشطة العصبونية، إلا أن أساسه وخواصه مختلفـة تمامًا. وحتى نفهم أساس الــ IRMF من الضرورى أن نذَكِّر بالأساس الذى يقـوم عليه التصوير بالرنين المغناطيسى سواء كان تشريحيًّا أو وظيفيًّا. حينمـا يوضـع شخص فى مجال مغناطيسى ثابت، فإن اللحظات المغناطيسية (تسمى spins سبن) لبروتون ذرات الماء تتجه حسب اتجاه هذا المجال.

فإذا أخضعنا حينئذٍ مجموع الــ سبن spins لموجة راديو ذات تردد مميـز (فى حدود ٦٣ ميجاهارتز لمغناطيس ١,٥ تسلا المستخدم عادة) فمـن الممكـن أن نجعله يتحرك ٩٠°، ونقوم بقياس اللحظة المغناطيسية (التمغنط) الناتج عن مجموع الــ سبن بعد توقف موجة الراديو. هذه اللحظة المغناطيسية تخلق بالفعل حث تيار كهربائى sinusoidal فى إريال موضوع حول رأس المفحوص. وفى الواقع فـإن المغنطة وبالتالى التيار يختفى بسرعة نتيجة التفاعل الموضعى بـين الـــ سـبن وسرعة الاختفاء متبعة قانون أسى يتميز بزمن يقال له زمن الاسترخاء، مع اعتبار أن T2 وحدوده بضعة عشرات من المللى ثانية. ووقـت الاسـترخاء T2 يتغيـر موضعيًّا فى المخ كدالة لتكوين الأنسجة، وخاصة كدالة لوجود وسائط تسمى شبيهة بالمغناطيسية تقلل من قيمته. IRM يتيح الحصول على خـرائط بقيمـة T2 علـى درجة كبيرة من الدقة المكانية (فى حدود ٠,٠٥ سم٣ عـادة). والمبـدأ الأساسـى للــRIM الوظيفى هو عمل خرائط تبين التغيرات T2 التى حثت عليها التغيـرات الموضعية فى التركيز الدموى لوسيط شـبه مغناطيسـى طبيعـى، وهـو (dHb)

ديكسوهيموجلوبين، هذه التغيرات تحدث عندما يتغير المعدل الدموى للمخ. الهيموجلوبين مركب وعائى داخلى ينقل الأكسجين من الرئة إلى الأنسجة. الدم الشريانى مشبع بالهيموجلوبين الأكسجينى وبعد توصيله للأنسجة فإن الدم الوريدى يتضمن بعض الكميات الديزوكسوهيموجلوبين من الهيموجلوبين بدون أكسجين.

حينما تكون منطقة مخية مركزًا لنشاط عصبونى يرتفع المعدل الدموى المخى الموضعى بنسبة أكبر من الاحتياجات من الأكسجين محدثًا نقصًا نسبيًّا للتركز الوريدى فى الهيموجلوبين. وإذًا حينما لا يكون مرتبطًا بأكسجين فإن الهيموجلوبين يظهر فى وسطه ذرة حديد مما يجعل هذه الذرة شبة مغناطيسية.

باختصار، حينما يرتفع النشاط العصبونى فى منطقة مخية يظهر فى هذه المنطقة ارتفاع لزمن الاسترخاء T2 ناتج من انخفاض التركيز فى dHb فى القسم الوريدى الذى يصرف الدم منه. ومزايا تفوق هذه التقنية على TEP كثيرة. لا يوجد استخدام للإشعاع ولا الحقن بما أن المادة التى تتيح تتبع التغيرات DSCR (معدل الدم المخى الموضعي) داخلية. وهذه الخاصية تتيح أيضًا تتبع مستمر للتغيرات (وليس كل عشر دقائق كما فى TEP) وهذا يفتح الطريق ليس فقط لعمل قياسات متعددة لنفس المفحوص وإنما أيضًا لدراسة العمليات المعرفية قصيرة المدى. وعدا المكسب فى الدقة المكانية السابق الإشارة إليه فإن IRMF يتميز بدقة زمنية أفضل من الـ TEP والتى لا تحدها سوى دقة الاستجابة الوعائية، أى بضع ثوانٍ. وأخيرًا توجد أجهزة كثيرة IRM تمت إقامتها مما أتاح التغلغل السريع للتقنية فى مجال العلوم العصبية المعرفية.

فى متناول يدنا حاليًا إذن طرق تتيح ملاحظة الديناميـة الزمنية لنشاط المشتبكات العصبونية، EEG وMEG وفى الوقت نفسه التحديد المكانى، TEP وخاصة IRMF(٤).

---

(٤) وحتى يكون الأمر كاملا يجب أن نشير إلى أنه من الممكن أيضا أن نحصل عن طريق TEP على خرائط توزيع لبعض الناقلات العصبية والمستقبلات الغلافية على مستوى المشتبكات. ومع ذلك فمازال من غير الممكن ملاحظة تغيرات التركيز داخل المشتبك للموصلات العصبية ولارتباطها بالمستقبلات خلال العمليات المعرفية. أضف إلى ذلك أنه غير مستبعد نظريًا أنه يمكن استخدام IRM فى المستقبل للحصول على صورة فى غاية النقاء المكانى والزمنى للأحداث العصبونية مثل الحركات الأيونية.

وللحصول على خرائط مكانية – زمنية للنشاط العصبونى لا مناص من تزاوج كلا المنحيين. وهذا أقل بساطة مما قد يبدو: على مستوى الأدوات مثلاً، من غير المنظور الحصول على تسجيلات متزامنة IRM وMEG كما أن الحصول على تسجيلات EEG فى مغناطيس قوى صعبة التحقق.

من الضرورى إذن دراسة كل مفحوص فى كل من النوعين بشكل منفصل. بالإضافة إلى ذلك فإنه لكى تكون النتائج قابلة للمقارنة فمن الأهمية بمكان أن تكون المهمتان منفذتين بطريقة متطابقة فى كلا المنحيين، مما يطرح أيضا مشاكل تقنية. وأخيرًا وأكثر أساسية، يوجد مواقف كثيرة حيث الأنشطة العصبونية يمكن أن تنتج أنشطة كهربائية وهوموديناميكية ليست متموضعة معًا: وقد ثبت بذلك أن بعض العمليات المعرفية مرتبطة بسينكرونيزية النشاط الكهربائى بين مناطق بعيدة عن بعضها بدون ارتفاع فى الطاقة فى هذه المناطق. وبالطريقة نفسها، يوجد مناطق قشرية حيث توجُّه نشاطها الكهربائى صعب كشفه، حتى وإن كان من الممكن ملاحظة استجابة هيموديناميكية.

وبرغم هذه المحدوديات، فإن هذه الأدوات لملاحظة النشاط المخى سبق أن أتاحت تكوين مدونة مهمة للمعارف غيرت بعمق نظرتنا للمعمار الوظيفى الماكروسكوبى الذى تقوم عليه الوظائف المعرفية للإنسان. هذه الطرق أتاحت إمكانية الدراسة، خاصة لدى الإنسان المعافى، للأسس العصبونية للوظائف التى تكون نامية خاصة لدى الإنسان، مثل اللغة أو الحساب أو عملية التفكير، أو التى تتاح بصعوبة للتجريب على الحيوان مثل التصوير العقلى، مثلاً. وكل الأنشطة المعرفية أصبحت الآن موضوعًا للفحوصات بطرق التصوير العصبى، وأصبح من المستحيل منذ الآن عمل تأليف للنتائج العظمى التى تم الحصول عليها منذ ما يقل عن خمس سنوات من قبل التجمع الدولى لحوالى ٢٠٠٠ باحث. وعلى المستوى العام يمكننا أن نعتبر أن الجلب الأكبر لهذه الطرق أنها أظهرت أن الوظائف المعرفية قائمة ليس على واحدة فقط ولكن على شبكة موزعة من المساحات المخية

تمتلك ديناميكية زمنية. وكذلك فإن المناطق المخية أو شبكة المناطق قد تساهم في عدة وظائف معرفية، ويمكننا القول إن هذه الطرق طورت الفكرة التى كانت سائدة عن العملية المعرفية من مفهوم قياس المكان نحو مفهوم الشبكات.

فى مجال اللغة، حيث كانت تأتى معارفنا الأساسية من دراسة المرضى المصابين بالحبسة، فإن الدراسة بالتصوير العصبى أوضحت مثلا أن المنطقة المسماة منطقة بروكا (cf. supra) لم تكن منطقة المخارج وإنما هى منطقة مكونة من منطقتين وظيفيتين مختلفتين على الأقل، إحداهما مختصة بالاحتفاظ بالمعلومات فى الذاكرة قصيرة المدى والأخرى بتحضير إنتاج أصوات اللغة. ويوجد مثل آخر نمطى لما يمكن أن تتيحه لنا هذه الطرق، يتعلق بدور منطقة مخيه معينة وهى المسماة بالتلفيفة المثلثة gyrus angulaire، التى يُرجع إليها علم النفس العصبى دورًا فى اللغة. وأظهرت دراسات التصوير الوظيفى لدى الإنسان المعافى أن هذه المنطقة اللحائية ليست داخلة فى اللغة وأن الحبسة اللغوية المتولدة من الصدوع فى هذه المنطقة ناتجة على ما يبدو من صدوع فى الألياف البيضاء الموجودة تحتها. ومثال أخير مما تجلبه هذه الطرق لمجال اللغة هو السيادة النصف كروية. إن الدراسات النفس عصبية علمتنا أن الغالبية العظمى من الأشخاص مستخدمى اليد اليمنى لديهم السيادة للنصف الكروى الأيسر بالنسبة للغة. إلا أن الدراسات على المتطوعين الأصحاء بالـ TEP والـ IRMF بينت أنه يوجد تنوع كبير فى تمثل اللغة بين الأفراد وأن العلاقة بين أفضلية اليد المستخدمة والسيادة النصف كروية اليسرى بالنسبة للغة أوهَى مما كنا نظن. وخاصة، أن هناك عوامل أخرى مثل النوع مثلا لها تأثير على تلك السيادة. وهذه الطرق وجدت بهذا تطبيقاتها الطبية الأولى، فمن ناحية، لدراسة ظواهر استرجاع اللغة بعد صدع مخى، ومن ناحية أخرى فى إطار جراحة الأعصاب الوظيفية لتحديد مناطق اللغة لدى شخص ما وإتاحة المحافظة عليها خلال التدخل الجراحى وكذلك للمساعدة فى تحديد البؤر الصرعية.

وفى مجال صناعة الصور العقلية وهى القدرة التى لدينا التى نتمثل بها عقليًّا الأشياء والمشاهد والأنشطة على شكل صور، وذلك دون إدراكها بصريًّا، فى هذا المجال لم يكن علم النفس العصبى قد قدم سوى معطيات قليلة. وقد قامت فرق كثيرة بدراسة هذا النشاط المعرفى الأعظم للمخ الإنسانى وذلك بالـTEP والـIRMF وأقامت بذلك أسس الدراسات العصبونية. وخاصة، أنه أصبح من الواضح أن مهمتين كإنتاج صورة عقلية لشىء مثلاً وتمثل وضع هذا الشىء فى الفراغ كانتا قائمتين على شبكات مناطق مختلفة ملتزمة بنفس الثنائية الملاحظة عندما ندرك صورة.

ومن اللافت للنظر أنه أصبح من الممكن ملاحظة عمل المخ بكيفية مستقلة، أى بدون أن يتلقى الشخص مدخلاً حسيًّا ما وبدون أن ينتج مخرجًا على شكل سلوك حركى، هذه الإمكانية يمكن استثمارها لدراسة ظواهر مخية كانت تعتبر حتى فترة قريبة غير قابلة للملاحظة العلمية مثل الأحلام والوعى والاستبطان.

المراجع:

- *La Recherche*, n° spécial 289, « Voir dans le cerveau », juillet/août 1996.
- POSNER (M.) et RAICHLE (M.), *Images of the Mind*, New York, Scientific American Library, 1994.

تطور حالات النوم[٥]

بقلم: ميشيل جوفيه

Michel JOUVET

ترجمة: راوية صادق

سأتحدث عن ظاهرة نحن جميعًا خبراء فيها: النوم. استشرت محرك بحث على الإنترنت: عثرت على ٤٦ ألف مرجع عن النوم. واضح أن ظاهرة يتناولها ستة وأربعون ألف مرجع هى ظاهرة غير معروفة جيدًا، ويمكنها إثارة افتراضات متناقضة.

رغم هذا، إذا حاولنا صياغة إجماع حول النوم، سنجمع على الإثباتات الأربعة التالية:

- يميل الإنسان إلى النوم ليلا بدلا من النهار.
- عندما ننام، لا نعى بما يحدث حولنا؛ وأفضل دليل على ذلك أن من يشخر لا يعرف ذلك أبدًا.
- ثمة تكيّف من النوم إلى اليقظة: كلما كان وقت السهر طويلا، كلما كان النوم طويلا وعميقًا، خلال الليلة التالية.
- حتى لو كنا غير واعين بما يحدث حولنا خلال النوم، هناك وعى حلمى داخلى، ينطلق على نحو دورى خلال النوم، اختبره ٨٠ % منا. هذا الوعى الحلمى هو الأحلام.

---

(٥) نص المحاضرة رقم ٣٥ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٤ فبراير ٢٠٠٠.

ها هى أربع ظواهر تنتظم خلال ليلة نوم بدأت، بالنسبة للأولى، منذ ٣ مليارات عام. والواقع أنه خلال نومنا، نراجع باختصار مكاسب مهمة جدا وقديمة للغاية. هذه المراجعة الموجزة تنتظم، بطريقة معقدة، وترتبط بالوسط وبالمقطع الجينى، إلى حد أنه لا يمكننا الحديث عن نوم "واحد" إلا لشخص "واحد".

لماذا ينام الإنسان ليلا؟

يمكننا الاعتقاد أن السبب يعود إلى أنه أرخص، فنحن إذا نمنا لا نحتاج لا للإضاءة ولا للتدفئة خلال الليل. ظل هذا التفسير مقبولا لفترة طويلة. لكنه خاطئ. لا تعود واقعة نوم الإنسان ليلا إلى دورة الشمس/الظلام.

كيف نعرف أن الإنسان ينام وفقًا لتعاقب الضوء/ الظلام؟ أجريت تجارب لمعرفة ذلك. نضع شخصًا فى غرفة تحت الأرض مغلقة تمامًا، بدون أى اتصال مع الشمس، بدون ساعة، ونسمح له بإضاءة النور الكهربائى وإطفائه عندما يشاء، أو نضعه بكل بساطة فى كهف (تجربة رائد الكهف لميشيل سيفر **Michel Siffre**). نراقب اللحظات التى ينام فيها واللحظات التى يستيقظ فيها. فى ظل هذه الشروط الخاصة بالإيقاع الحر، أو بعدم التزامن الكامل، أو أيضا بما هو خارج الزمن، لم تعد الشمس تستطيع أن تلعب دورها كـ "مانحة للزمن" أو **zeitgeber** (**zeitgeber** تعنى، بالألمانية "من يمنح الزمن"). إذن، خارج كل "مانحة للزمن"، ينام المرء كل يوم فى وقت أكثر تأخرًا بعض الشىء، إلى حد أنه بعد عشرة أيام يفقد يومًا. بالنسبة للناس الموجودة خارج الكهف، ظل الشخص ٢٠ يومًا فيه؛ بالنسبة له، لم يمكث فيه سوى ١٩ يومًا. كيف نفسر ذلك؟

التفسير الأول: لا تلعب دورة الشمس/الظلام أى دور فى المحافظة على هذا الإيقاع. العنصر الثانى فى التفسير: الإيقاع ليس ٢٤ ساعة بالضبط، هو أكثر من ٢٤ ساعة بقليل، ويختلف وفقًا للأفراد. لكننا نقبل حاليًا أن تكون مرحلة الكمون لشخص نضعه فى مغارة أو فى غرفة تحت الأرض هى ٢٤,٣ ساعة، وهو ليس يومًا بالضبط. يقال باللغة اللاتينية "يوم تقريبًا": (circa diem). الصفة "تقريبى"

("circadien") ظهرت فى واقع الأمر حديثًا فى الأدب، فى الستينيات، بقلم هالبرج **Halberg**. كيف نفسر هذا الـ "تقريبًا"؟.

السبب هو ما يلى: نمتلك "ساعة " فى رأسنا. هذه الفكرة الخاصة بامتلاك "ساعة" فى رأسنا ولدت فى القرن الثامن عشر، فى فكر عالم الفلك فرنسوا أورتوس دى ماريان **François Ortous de Marian**. هذا العاشق للنباتات كان يملك فى منزله نبات الـ "المستحية" **Mimosa pudica** . ولأوراق الـ "المستحية" خاصية الانتصاب نهارًا والانطواء ليلا، بطريقة ملحوظة للغاية. ذات يوم راودت عالم الفلك فكرة حبس زرعته الـ "المستحية" فى خزانة مظلمة: وعندما فتحها فى الظهيرة، لاحظ أن الـ "المستحية" "كانت تعرف" أن الشمس موجودة فى هذه الساعة مادامت أوراقها كانت متفتحة؛ فتح الخزانة من جديد فى منتصف الليل، فلاحظ أن الأوراق كانت مغلقة. لقد وصف هذه التجربة فى ملحوظة فى صفحة ظهرت فى "كشف حساب أكاديمية العلوم"، عام ١٧٢٠، خلص فيها أنه: " توجد ساعة داخل الـ "المستحية". لكن لم يصدقه أحد. كان ينبغى الانتظار ١٠٠ عام، فى ١٨٢٠، كى يسجل أحد أفضل علماء النبات دى كاندول **de Candolle**، حركات أوراق الـ "ميموزا" فى الليل والنهار، ثم فى الظلام الدامس، ويلاحظ نفس الحركات للأوراق. التفسير الوحيد، مثلما خلص هو أيضا، هو وجود نوع من الساعة فى النبات. هذه الساعة، التى تسمح لنا بالذهاب للنوم ليلا، حتى بدون معرفة الساعة، هى التى تلعب دورًا جوهريا.

أين تقع هذه الساعة فى دماغنا؟ ولماذا لدينا ساعة؟ هذه الساعة موجودة بالفعل فى كل الكائنات الحية، من وحيدة الخلية إلى الإنسان؛ إنها بلا شك أحد أكبر "اختراعات" النشوء، إذ أنها مسئولة عما نسميه "الانضباط الذاتى التكهنى" prédictive homéostasie . أين تقع الساعة؟ لوحظ خلال العمل على النباتات والحيوانات أنه، عندما يكون لها إيقاع يتراوح بين ٢٣ أو ٢٤,٣ ساعة، يكفى أن نسلط عليها وميضًا سريعًا كى تعود ساعتها إلى ٢٤ ساعة. وبعبارة أخرى، إن

دور "أداة التوقيت الفاصلة" zeitgeber الشمسية، دور الضوء، مهم للغاية لتعود الساعة التى فى رأسنا إلى إيقاع الـ ٢٤ ساعة. الساعة فى علاقة إذن مع الضوء، ولاسيما مع الضوء الأزرق لدى الإنسان. توجد الساعة فى عينى الذبابة. وهى تقع، لدى الطيور، فى "الغدة الصنوبرية" glande pinéale أو كردوس العظم épiphyse، الموجود بالضبط تحت الجمجمة، الذى يسمح بمرور كمية كافية من الفوتون photon كى تأتى الشمس وتؤثر على الساعة. والقط، من ناحيته، له ساعة تعمل على نحو سيىء للغاية، ويكاد لا يملك إيقاعًا منتظمًا، فينام بنفس القدر ليلا ونهارًا.

لم تكتشف الساعة لدى الإنسان إلا فى السبعينيات. فعند مشاهدة بعض العروض الخاصة بشبكية العين لوحظ وجود نظامين فى الدماغ: "نظام بصرى"، يمر عبر شبكية العين، ويذهب إلى الدماغ، وينتهى على مستوى الكورتكس الحوفى limbique: إنه النظام المسمى "البصرى"، الذى يجعلنى أرى أنك هنا. لكن عندئذ تم اكتشاف النظام الفوتى: تُعرض بعض الخلايا العقدية لشبكية العين على مستوى النواة فوق التصالبية (التى هى الساعة لدى الإنسان والثدييات). وانطلاقًا من هذه النواة، سينبئ نظام بكامله الدماغ أن الوقت نهار. نحن لا نعى أن الوقت نهار بفضل نظامنا البصرى، وإنما لأن دماغنا هى التى تعرف ذلك. لو أن هناك فأر أعمى تمامًا، لكن لديه بعض الخلايا الصغيرة تحت الجلد، فذلك يشكل نظامًا كافيًا لتنشيط نواته فوق التصالبية. يمكننا إذن أن نكون كفيفين تمامًا ويملك دماغنا القدرة على معرفة أن الوقت نهار. يتساءل البعض عما إذا كانت بعض أمراض الطب-عقلية ناجمة من النقيض: يمكننا التمتع برؤية ثاقبة، مع وجود خلل فى نظامنا الخاص بالرفق الضوئى "الفوتى"، فلا تنضبط الساعة جيدًا فى الصباح. وعلى هذا النحو، فى لحظات معينة، بينما ستكون الساعة الثالثة من بعد الظهر، ستقول الساعة للجهاز العضوى إنها الثالثة صباحًا. لهذا، لمعالجة بعض الأمراض الاكتئابية، نجعل المرضى يشاهدون فى الصباح أنابيب من الفلوريسنت، لإثارة نظامهم الفوتى. وخارج النظام الفوتى photique، ترتبط "الغدة الصنوبرية" أو

(كردوس العظم) بعدة نويات فوق التصالبية supra-chiasmatique. فى الظلام، تفرز هرموناً، الميلاتونين، الذى يحبذ الميل للنعاس. لنتذكر، كخلاصة، أن الساعة التقريبية تنظم نومنا فى الزمن، لكنها ليست مسئولة عن النوم. الدليل بينته التجربة التالية: يوضع فأر فى ظلام دائم، "تقول" له نواته فوق التصالبية أن يظل مستيقظاً أو ينام كل ٢٤ ساعة. بعدئذ، إذا دمرنا ساعة النواة فوق التصالبية (بالتخثير بأقطاب كهربائية)، يُدمر الإيقاع التقريبى، مادام ليس لدينا ساعة، وسينام الفأر وفقًا لإيقاع أسرع من الإيقاع التقريبى، أى وفقًا لإيقاع تسارعى (أى كل ثلاث ساعات). لم يضف تفسير هذا الإيقاع التسارعى إلى فسيولوجيا النوم كثيرًا. فالنوم سر خفى لا يزال هناك الكثير لاكتشافه فيه.

الآن مع معرفتنا أين هى الساعة وأنها ليست مركز النوم، وأنها تستخدم فى تجهيز فترات نوم، لنطرح على أنفسنا السؤال التالى: لماذا نمتلك ساعة؟ ما فائدة ذلك؟ اسمحوا لى بالاستعارة التالية: مع بدء العالم، فى المحيط البدائى، لم يكن هناك سوى الطحالب الزرقاء. وهى تتجمع فى أعماق المحيط وتصعد إلى سطح البحر لامتصاص الـ "فوتون" أى ضوء الشمس، فتفلت سلسلة من ردود الفعل الكيميائية التى تنتج السكّريات. لنفترض أن بعضها، "غير شديد الذكاء"، فيعرّض للخطر التخليقات البروتينية عندما تكون الشمس فى أوجها، خلال خمس أو ست ساعات لصناعة السكر من الشمس: عندما يصبح كل شىء معدًّا كى تصنع السكريات، ستكون الشمس للأسف قد غربت، ويصبح الأمر إذن فشلا مثيرًا للرثاء. وبعد محاولات متعددة وأخطاء من هذا النوع، بدأت الطحالب الزرقاء أخيرًا فى صناعة كل آليات التخليق الخاصة بالبروتينات "قبل السادسة صباحا" (فتأخذ على هذا النحو فى الاعتبار المظهر التكهنى للغاية لمنحنى الأرض حول الشمس)، حتى تكون كل الأشياء معدّة عندما تكون الشمس فى أوجها، وكى يعمل كل شىء. مُنح هذا الاختراع اسم الانضباط الذاتى التكهنى. بدون هذا النظام، ستكون الحياة مستحيلة. فكل نظام حى يدخل فى رد فعل مع الأوساط الخارجية،

ويتم إنتاج ردود فعل كيميائية سريعة إلى هذا الحد أو ذاك، وإذا لم تُعَد بواسطة تخليق البروتينات الذى ينبغى أن يحدث من قبل، لا يستطيع النظام العمل، لاسيما ذلك الذى يعتمد على النهار والليل.

يحدث "الانضباط الذاتى التكهنى" أيضا لدى الإنسان: فى الصباح، ينبغى لنظامنا الخاص بالقشرة الحوفية، وعضلاتنا، أن تكون فى حالة مثالية. لكن هذا لا يحدث بشكل تلقائى فى الصباح: ينبغى استخدامه فى الليل. تحت تأثير ساعتنا التقريبية، فى حوالى الساعة ٢ صباحًا، يبدأ ما تحت المهاد فى تحرير بعض الـ**CRF** الذى سيعمل على الـ **ACTH**، الذى سيعمل على القشرة الحوفية، التى سترفع معدل الكورتيزون خلال الصباح. إذا لم تحدث هذه الظواهر خلال الليل، سيكون لدينا معدل كورتيزون ضعيف للغاية فى الصباح. وهكذا، خلال أكثر فترات النوم عمقًا، بين الساعة ٢-٣ صباحًا، يتم تشغيل الآلية الحقيقية التى نحتاج إليها عندما نستيقظ.

لنترك الآن الطحالب الزرقاء كى نصعد شجرة النشوء إلى "حمامات الحمة الخارجية" Ectothermes، أى العظايات، الضفادع، وبعض الزواحف. ما النوم بالنسبة لهذه الحيوانات؟ الحق يقال إن علماء الفسيولوجيا لا يجرؤون على الحديث عن "النوم" لدى الضفدع، لدى العظاية؛ فهم يتحدثون بالأحرى عن الـ "راحة"، من "دورة نشاط/راحة". والحرارة المحيطة هى العامل الرئيسى الذى سيتعهد بالراحة والنشاط. فارتفاع الحرارة تجعل الحيوان نشطًا، وعندما تهبط، تجعله كسولا. يمكننا تمامًا البحث عن أفعى فى غابة سان- كلو فى منتصف الليل: فهى لن تعض، لأن الجو بارد.

ينتج كل هذا من تطبيق مبدأ الـ Q10. لنقر أن التردد القلبى للحيوان فى ٣٧°C يكون ١٠٠؛ فى ٢٧°C ستكون ٥٠، والـ Q10 ستكون خارج قسمة ٣٧ /٢٧: ستكون 2. لدى كل الحيوانات، كل الظواهر الحيوية أيًا ما كانت لها Q10 متضمن بين 2 و 3. يكفى انخفاض فى الحرارة إلى ٥° كى لا تستطيع هذه

الحيوانات، التى تعتمد على الحرارة الخارجية، الاستيقاظ وتظل فى المخبأ. إن "الانضباط الذاتى" التكهنى يلعب دائمًا لعبة: "تقول" الساعة التقريبية للعظايا: "اذهب فورًا إلى الظل، وإلا لن تستطيع العودة فيما بعد، فالجو سيكون شديد البرودة". نحن والطيور والثدييات الأخرى، حيوانات "ثابتة الحرارة". نحن نملك كمية كافية من هنيات خيطية mitochondries كى تسمح لنا حرارتنا الحيوانية بالتجول عندما يكون الجو باردًا. تنوع الحرارة الخارجية ليس كافيًا إذن لتفسير إيقاع اليقظة/النوم.

ينبغى الآن محاولة شرح لماذا نحن واعون خلال النوم

لماذا لا يعرف المرء أنه يشخر؟ ماذا يحدث فى نوم الطيور والثدييات التى هى نحن، كى نفقد الوعى خلال النوم؟

الأمر سهل على الفهم بالنسبة للضفدع: إذا كانت فى حرارة منخفضة، لا يسير نظامه العصبى على نحو جيد. لكن الحرارة تظل ثابتة لدى الثدييات، لدى الإنسان. إذن ينبغى البحث عن تفسير آخر. ما الذى اكتسبته الثدييات والطيور كشىء إضافى بالنسبة للزواحف والعظايات؟ لقد اكتسبت المعطف القشرى – الكورتكس الدماغى cortex cérébral الذى نفكر من خلاله –، ونظام هو المهاد البصرى، ثمة نوع من "الآلة الآلية" التى تجعلنا غير واعين عندما ننام.

ما الذى يحدث عندما نستيقظ؟ يستثار هذا الكورتكس الدماغى من خلال شبكة من الخلايا العصبية (مثل شبكة الـ"Web"). تستفز هذه الاستثارة نشاطًا كهربائيا سريعًا وضروريا للوعى.

كيف ننعس؟ بشكل طبيعى: عندما تبعث الساعة – النواة فوق التصالبية– بإشارة "إنها الساعة العاشرة ليلا"، سنتثائب، ونشعر بالنعاس. ستبدأ آليات معقدة فى خفض حرارتنا المركزية، فتهبط قبل أن ننام. عندئذ يصدر من جديد أمرًا إلى نظام يقع تحت المهاد البصرى – نظام النوم– ليبدأ العمل. سيأتى هذا النظام ليحتجز

نظام اليقظة، مع خلية عصبية محوّلة هى المرسل **GABA**. ولأن نُظم اليقظة تحتجز هذه الآلة الأوتوماتيكية التى تقع فى قلب المهاد البصرى، يرسل المهاد البصرى عندئذ هذا النشاط نحو الكورتكس حيث "يشوش" عمليات الوعى. سمى هذا النشاط الكهربائى "مغازل"، أو، **spindle** لأن الأمريكيين هم من اكتشفوه.

هاهى المكتسبات الكبرى لثبات الحرارة: ليس هبوط الحرارة المركزى، الذى هو طفيف للغاية، هو الذى يجعلهم عاجزين عن رد الفعل إزاء الضوضاء، وجاهلين بشخيرهم. فنظام النوم يحتجز معلومات اليقظة، وعندما يحتجز معلومات اليقظة، يحرر نظام المهاد البصرى الخاص بالقشرة المسئول عن الـ" مغازل". وظهور هذه "المغازل" على مستوى الكورتكس هو علامة النوم وفقدان الوعى. يتبع "المغازل" بعدئذ ظهور الموجات البطيئة، التى هى علامة نوم عميق للغاية.

هناك تكيف من النوم إلى اليقظة
كلما كان وقت السهر طويلا،
كلما، خلال الليلة التالية، يكون النوم طويلا وعميّقا

هذا يعود إلى انضباط ذاتى آخر يسمى "مجدد للنشاط ". كلما كنا مستيقظين، كلما ستدوم فترة راحتنا. وبالإضافة إلى ذلك، إذا ما حرمنا فأرًا من النوم لمدة ٢٤ ساعة، نرى أن موجات النوم البطيئة أكبر بكثير، أى لا يوجد عامل "ديمومة" فحسب، وإنما عامل "شدة" أيضا. هذا الضبط لديمومة النوم مع ديمومة اليقظة، هو ما نسميه "انضباط ذاتى مجدد للنشاط". خلال اليقظة، هناك شىء يتراكم فى الدماغ، "عوامل جينية متفرعة" facteurs hypnogènes لازالت مجهولة، تجعل النعاس أسهل والنوم أعمق.

حتى لو كنا غير واعين بما يدور حولنا خلال النوم، فثمة على الأقل
وجود لوعى آلى " داخلى"، ينطلق دوريا خلال النوم،
واختبره ٨٠% منا.
هذا الوعى الحلمى هو الأحلام

تظهر الأحلام لدى الإنسان لاسيما خلال النوم المفارق، فــي دورات تمتــد لمدة ٢٠ دقيقة كل ٩٠ دقيقة خلال النوم. نعلم أن النوم المفارق لا وجود لــه بــين الحيوانات التى لا تضبط درجة حرارتها. إنه أحد مكتسبات التطور الخاصة بتكوّن الأنسال وتطورها الوراثى الذى حدث منذ ٦٥ مليون عام، لأسباب نجهلها، بواسطة الطيور والثدييات. والنوم المفارق مهم جدا بعد الميلاد. ولازالت علاقته مع "النــوم الاهتزازى"، الموجود لدى الجنين (قبل الميلاد) محل جدال دائمًا.

ينطلق النوم التقليدى (بالمغزل وموجات بطيئة) من المهاد تحــت البــصرى L'hypothalamus، فالنوم المفارق يعتمد على الجسر والبصلة. وهو يقود نظامًــا يَحتجز العضلات. عندما نحلم أننا نجرى، نرسل معلومات قــاطرة إلــى نخاعنــا الشوكى، لكننا لا نتحرك، لأن هناك نظامًا يأتى لحجز حركاتنا. وينشط نظام آخــر الكورتيكس الدماغى، لاسيما النظام الحوفى المسئول عن الانفعالات، عن الــذاكرة وعن برمجة التفردية. ها نحن، خلال ساعة قد استرجعنا كل تطور النوم ورســمنا تخطيطًا نموذجيا له.

حدث كل شىء بالفعل وفقًا لهذا التخطيط النموذجى قبل أن يخترع إديــسون Edison المصباح المتوهج عام ١٨٧٩! منذ ذلك الحين، حــدث تــداخل للإيقــاع التقريبى و"الانضباط الذاتى" الارتكاسى. فالرغبة فى تشغيل الناس ليلا، فى اللحظة التى تكون فيها درجات حرارتهم أكثر انخفاضًا – ولا يكونون مهيئين من جانــب "الانضباط الذاتى" التكهنى ليكونوا فى كامل لياقتهم، تسبب الحوادث. لــدينا الــدليل على أن العوامل الإنسانية المسئولة عن تشيرنوبل وانفجار المكوك شالينجير تعــود إلى مشاكل تخص عدم الانتباه من جانب المسئولين الذين سهروا لفترة طويلة.

نخلص إلى ضرورة "تعويض" ليلة نوم ضائعة. فإذا لم يحدث هذا، يتــراكم نقص النوم، وتزدهر مخاطر الحوادث فى الأفق.

نختم بذكر حالتى تقدم صنعها طب النوم، فى علاج بعض الاضطرابات:

– بعضنا لايخلد للنوم قبل الساعة ٢ أو ٣ صباحًا، ولا يستيقظ إلا الــساعة ١٠ أو

١١ صباحًا: إنه ما نسميه "تأخير مرحلة"، الساعة تتأخر بالنسبة للشمس. يمكن شفاء ٨٠ % من المرضى بـ ٢ أو ٣ مجم من الميلاتونين يتم تناوله قبل ساعة الذهاب للنوم الطبيعية: العاشرة.

- المرض الآخر الذى تحقق فيه تقدمًا كبيرًا يتعلق بعلم مرض الحلم. فخلال الحلم تُحتجز الحَظْرَبَة tonus العضلية (حالة توتر العضلات). ويوجد مرض يخلط الرغبة التى لا تقهر فى النوم مع احتجاز الحَظْرَبَة فى آن، الـ "كاتابليكسى" Cataplexie (مرض النوم). يؤدى الـ "كاتابليكسى" إلى السقوط ويمكن أن يسببه انفعال، ضحكة: ويكون كاملا أو غير كامل (نكتفى بإفلات شىء، أو عضلات فكنا). عند حدوث هذه الأعراض، نكون مصابين بـ "مرض جيلينو" Gélineau أو الخُدار narcolepsie، وينبغى استشارة الطبيب فورًا، إذ يمكن الشفاء بعقار جديد، الـ "مودافينيل"Modafinil.

مخ الوجدانيات والانفعاليات[٦]

بقلم: بيير كارلى
Pierre KARLI

ترجمة: ماجدة الريدى

يكفى أن نذكر أبطال المؤلف المسرحى اليونانى سوفوكليس Sophocle أو أبطال راسين Racine وشيكسبير Shakespeare أو حتى مجرد التفكير فيما ينعش حياتنا نفسها لكى نتأكد أن المشاعر والانفعالات تكوّن فى الواقع جزءًا لا ينفصل من البناء العام والأساسى للحقيقة الإنسانية، كعناصر مكونة ذات معنى ودافعة. وبدقة أكثر، تساهم المساق Processus الوجدانية بدرجة كبيرة فى دور الوسيط المنوط به المخ فى الحوار المركّب الذى يقوده الموجود الإنسانى والذى يتجلى فى جسم ويسجل فى سياق وهو فى آن واحد انعكاس ومحرك لتاريخ فردى.

يصعب إدراك الحياة الإنسانية بطريقة مشتملة، ذلك أنها تمر بمستويات مختلفة من الواقع وهذه المستويات لا تترك بعضها يتحول إلى البعض الآخر. وبالفعل، الموجود الإنسانى فى آن واحد فرد بيلوجى وفاعل اجتماعى وشخص يبحث عن معنىً وحرية داخلية. وهذه الأوجه الثلاثة تظهر للعيان، كلٌ فى بيئة مختلفة؛ تتكون كل منها فى - وبـ - مجموعة تفاعلات متكيفة ومكيّفة فى آن واحد مع بيئة خاصة: البيئة المادية والوسط الاجتماعى والعالم الداخلى الخاص. يقود الموجود الإنسانى بهذا حوار ثلاثى مع البيئات التى يقوم ببنائها وامتلاكها. وفى هذا الحوار حيث الوساطة مكفولة من قبل المخ الواحد ذاته، صيغت ثلاثة

---

(٦) نص المحاضرة رقم ٣٦ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٥ فبراير ٢٠٠٠.

هويات متمايزة ومعتمدة على بعضها البعض فى آن واحد: هوية بيولوجية وهوية نفسية اجتماعية وهوية شخصية، أكثر عمقًا.

هذا التقسيم الثلاثى وجيه لعدة اعتبارات، ذلك أن الحوارات الثلاثة ترمى لأهداف مختلفة، وتحكمها معايير ليست من ذات المصدر وتواجه ضغوطًا ليست من طبيعة واحدة ويتطلب إذن كل منها إمكانات وخبرات وأداءات خاصة. وهى تحافظ على علاقات مختلفة مع الزمن ومع إنتاج الحواس. وفى قلب المخ تتطابق – بشكل تخطيطى– مع مستويات من التكامل والتنظيم المستقل الذى يعالج بطريقة متميزة، معلومات خاصة بها. توجد بالطبع تفاعلات مركبة بين الحوارات الثلاثة هذه وبين العمليات العقلية التى تربطها. التوحيد والوضوح مكفولان بمساقات وجدانية خاصة، ذلك أن هذه المساقات الوجدانية تتداخل فى وساطة كل من هذه الحوارات كعناصر للمعنى وللدافعية؛ والأجهزة العصبونية التى تكون كيانها المادى، متوزعة عبر الطبقات الوظيفية للوحدة الدينامية التى يكونها المخ.

وإذا كان لها صفة أساسية مشتركة، سوف نعود إليها فيما بعد، فإن العمليات الوجدانية تتميز على أساس شدتها واستمرارها. قد يكون الأمر عبارة عن إشارة بسيطة تأتى للاندماج، بطريقة انتقالية وعلى شكل خاصية ذات رتبة وجدانية، تندمج مع إحساس استقبالى خارجى أو استقبالى داخلى يتيح لها بذلك معنى وجدانى. يمكن أيضا أن يكون الأمر حثًا لحالة وجدانية أكثر دوامًا سوف تلوِّن بطريقة شاملة إدراك العالم الخارجى وكذلك العالم الداخلى. وكدالة للمعنى التلقائى، أو المكتسب، يكتسى به الشىء أو الحدث بالنسبة للشخص، الذى يمكن حتى أن يعبئ الكيان كله فى زلزال انفعالى يتبدل من خلال سلوك وعن طريق تغيرات وعائية – حركية وغدية مناسبة لهذا الانفعال.

وأيًا ما كان الأصل والشكل، فإن كل هذه العمليات تصاحب تجربة ذاتية معروفة على أنها «سارة وممتعة ومكافئة» أو على العكس «مكدرة ومزعجة

ومحبطة». هذه الصفة الخاصة للخبرة المعاشة (سواء أكانت محثوثة من الخارج أو مستدعاة أو متخيلة) تحدد أحد الاتجاهين الأساسيين فى مواجهة أى شىء أو أى حدث: اتجاه الاشتهاء والاقتراب (الذهاب نحو...) أو على العكس اتجاه نفور وانسحاب (التفادى والهرب...). فى كل الحالات، تكون وظيفة المساق الوجدانى هى أن تشير، وتعنى شيئًا ما وتوجه الاهتمام والحركة، وتعظم بهذا الفرص التى لدى الفرد بأن يندمج فى التفاعلات التى تكون مكيفة ومتكيفة فى اتجاه إشباع حاجاته و/ أو تحقيق رغباته.

إشباع الحاجات البيولوجية

إنه أمر حيوى للفرد البيولوجى، أن يكون قادرًا على المحافظة على تكامله الفيزيقى وبناءاته الداخلية والمحافظة على ثبات توازنه الداخلى الضرورى لأدائه الأقصى للمجتمع الخلوى الذى يكوّنه. إن تبادلات المادة والطاقة والمعلومات مع محيط الحياة مكفولة بأنواع من السلوك مدركة فى اللحظة الراهنة حتى يمكن الاستجابة للمعنى البيولوجى الأولى للمنبه أو للموقف (سواء أكان الأمر إقبال أو على العكس هروب). فى هذا المستوى من الواقع، «المعنى» ليس بعد سوى تعبير – فى تخطيطات الفعل لدى الفرد البيولوجى – عن «برنامج» مشترك بين كل أفراد النوع. فى الأحوال العادية، يؤدى الفرد البيولوجى بشكل متوازن وواضح ومؤثر، بفضل «الحكمة (الفطرية) للكائن» (Cannon 1932)، وحسب «قوانين الطبيعة» وهى قوانين عامة. الأمر يتعلق بقوانين وصفية توضح تنظيم بيولوجى مشترك بيننا جميعًا. وفى داخل المخ، نجد أنواع السلوك التى تضمن إشباع الحاجات البيولوجية الأساسية للفرد، هذه الأنواع تحرك أساسًا مستوى وظيفة المخ – والنصفين الكرويين.

وفى نفس المستوى التشريحى – الوظيفى من ناحية التطور النوعى الأكثر قدمًا لمخ الثدييات، يلعب نظامان عصبونيان الدور الأساسى فى نشوء ملحقات

النظام الوجدانى التى تأتى لتتكامل مع المعطيات الموضـوعية للإعـلام الحسـى. الجهاز الجانبى الذى يمتد من المنطقة البطينية لنصف المخ (الجـزء العـالى مـن جزع المخ)، عبر المنطقة المهيدية الجانبية، نحو مجموعة بناءات للمـخ الأمـامى (خاصة: الحاجز septum واللـوزة amygdale واللحـاء قبـل الجبهـى cortex prefrontal)، يمكن أن يعتبر - من وجهة نظر وظيفية - كجهاز اشتهاء ومكافـأة وتدعيم إيجابى. وتنشيط هذا الجهاز بتطبيق تنبيه كهربائى، ينتج آثارًا «اشـتهائية» يبحث عنها الحيوان وتدعم إيجابيًا كل سلوك يؤدى إلى إيجادها. نلاحظ بالفعل أننا إذا زرعنا إلكترود فى المنطقة المهيدية الجانبية وأعطينا للحيوان إمكانية أن يثيـر نفسه بنفسه (أن يضغط على رافعة مثلاً، أو يدخل فكه فى ثقب معد فى جانب مـن جوانب القفص)، فإنه يمارس «استثارة ذاتية» إلى حد اللهاث. إذا أضفنا إلى هـذا التنبيه تقديم مذاق مجهول بالنسبة للفأر فسوف ينمو نحو هذا المذاق تفضيل واضح.

لدى القرود الماكاك، فإن الاستثارة عن بعد لنظام المكافأة تقلل من استجابات الخوف التى يثيرها الثعبان، وتزيد بشكل واضح من درجة السيطرة التى يعبِّر عنها تجاه حيوان من نفس الفصيلة. ويمكننا أن ننمى عدوانًا واضحًا لدى فأر لا يظهـر العدوان عادة بشكل تلقائى أبدًا، بأن «نكافئ» أى مظهر من مظاهر العداونية تجـاه حيوان من نفس النوع، وذلك بأن نربط بشكل منتظم مثيرًا كهربائيًـا مـن نظـام الاشتهاء ما أن يهم بالسلوك العدوانى. حينما نسبب ألمًا مزمنًا لدى الفأر نتحقق من أن - بالمقارنة بالفترة «الشاهد» - الحيوان يُزيد بشكل تلقائى مـن عـدد مـرات الضغط على الرافعة الخاصة بالإثارة الذاتية ومدته الكاملـة؛ يمكننـا أن نظـن أن شعور «الراحة» التى أحدثتها الاستثارة الذاتية يقلل من الطبيعة «النفورية» للألـم المزمن. وتُظهر معطيات كثيرة بوضوح أن استخدامًا - بطريقة طبيعية أو تجريبية - لهذا الجهاز العصبونى يغير من الطريقة التى يدرك بهـا الـشخص المنبـه أو الموقف، ومن هنا الاتجاه الذى يتخذه هذا الشخص نحو المنبه (من ناحية الاشـتهاء والاقتراب). أثبتت البحوث العصبية الكيميائية أن الدوبامين والمورفينات الداخليـة تقوم بدور مهم فى الموصلات العصبية داخل نظام الاشتهاء والمكافأة. والحيـوان

يعطى لنفسه مادة مورفينية على مستوى المناطق المختلفة لهذا النظام. إذا استطاع أن يختار بين موضعين للحقن فهو يفضل أن يحقن نفسه بالمورفين فى المنطقة البطينية من النصف المخى على أن يحقن نفسه فى منطقة اللوزة مما يبدو أنه يشير إلى أن الحالات الوجدانية المستثارة كذلك تكون كميًا أو كيفيًا مختلفة، بالإضافة إلى أن التناول الفرما كولوجى لهذا الجهاز يسمح بتحقيق فصل تجريبى بين التقدير المباشر للطبيعة «السارة» للمنبة والاشتهاء الذى يدفع الشخص نحو ما يشبع حاجة لديه.

وفى موقف أكثر توسطًا، فإن الجهاز قبل البطينى (الذى يتضمن المنطقة الظهرية للمادة الرمادية periaqueducale والمهيد hypothalamus الأوسط) يقوم بدور جهاز عصبونى للنفور والعقاب والتدعيم السلبى. إذا ما قمنا بتنشيطه بمنبه كهربائى أو بحقن ميكرسكوبى موضعى بحامض أمينى مثير، ينتج - لدى الحيوان - حالة وجدانية ذات طبيعية نفورية تترجم بسلوك الهرب أو الدفاع. هناك بالطبع إنتاج لخبرة غير سارة تمامًا، لأن الحيوان يتعلم بسرعة كل سلوك يتيح له أن يقطع باستمرار المنبه الكهربائى الذى نطبقه عليه. أكثر من ذلك، يمكننا أن ندعم أو على العكس نقلل سلوك القطع الذاتى للاستمرار بربط التنبيه الكهربائى بوضع مادة لها أثر مثير للقلق أو على العكس لها أثر معالج للقلق. وإذا أضفنا - فى حالة مزج المنبهين - آثار النفور المثارة والمعبر عنها سلوكيًا بطريقة يمكن رصدها كميًا فإن الإشارات المتكونة بهذه الطريقة تكون غير متميزة كيفيًا؛ على العكس من ذلك فإن الفأر يتعلم بسرعة التمييز بين كلا المنبهين، ذلك أنه يوقف استمرار المنبه باستخدام الرافعة المناسبة. وتظهر معطيات تجريبية كثيرة أن الحالة الوجدانية المحثة بتنشيط الجهاز العصبونى للنفور تغير بعمق من اتجاه الحيوان نحو معالجة المعلومات الآتية من المحيط والمتجهة إليه. لدى الإنسان، الاستثارة الكهربائية للمادة الرمادية periaqueducale تحث أيضا حالات وجدانية ذات طبيعة منفرة، خاصة مشاعر الخوف.

مستوى النشاط ومستوى تجديد النشاط بالنسبة للجهاز ما قبل البطينى للنفور محكومان بورودات تعمل بتحرر موصلات عصبية مختلفة (جابا والمورفين الداخلى والسيروتونين). إذا أوقفنا تجريبيًّا عمل تأثير المعدل جابا، فإننا نثير استجابات الهرب واتجاه عام نحو الانسحاب. وإذا أشركنا هذا التوقيف مع وجود الحيوان فى منطقة معينة من الفراغ، فإن الحيوان سوف يتفادى بسرعة الدخول فى تلك المنطقة، وبشكل عام يمكننا أن نغير عمدًا معالجة المعلومات الحسية واتجاه الحيوان نحوها (من ناحية الاشتهاء والاقتراب أو العكس النفور والانسحاب) بتناول الناقلات العصبية المعدلة وبالتالى تناول طبيعة وشدة الملحقات والحالات الوجدانية التى تكونها.

مادام إدخال هذه الشبكات العصبونية يقوم بدور مهم هكذا فى حث اتجاهات الاشتهاء والنفور وفى تكون السلوك الذى يعبر عنها، فمن المهم التأكيد على أن هذه التحديدات ليست ذات اتجاه واحد وإنما هى دائرية. وفى الواقع فإن التفاعلات مع المحيط تؤثر فى الرجوع على أداء هذه الشبكات، وذلك يتضح ببعض الأمثلة. وعلى هذا فإن التعرض لمواقف ضاغطة مختلفة له أثر التقليل لدى الفأر من الحساسية لمستقبلات الدوبامين داخل نواة المتكأ accumbens التى هى مرحّل مهم لنظام المكافأة؛ وهذا التغيير ذو الطبيعة العصبية الكيميائية يصاحب بتخفيض لحساسية الحيوان لأثر المكافأة وللتدعيم الإيجابى للمنبهات المختلفة. أداء أجهزة المورفين الداخلية المتضمنة بعمق فى تكوّن الانفعالات الاجتماعية والتعلق المتبادل بين الأفراد متأثر بالقلق الأمومى خلال الحياة الجنينية وبالحرمان من الأم المتكرر خلال فترة حديث الولادة. والميكانيزمات التى تُدْخل السيروتونين وتساهم فى التحكم فى الحالات الوجدانية، تتأثر هى أيضا بالظروف المختلفة للبيئة.

التطبيع والتفاعل الاجتماعى

إن تحديث الكومونات البيولوجية المرتبطة بالجينوم هى التى أمدت بالأسس الضرورية لنمو مختلف «الخبرات» الاجتماعية، وأتاحت بذلك أن يكون الفاعل

الاجتماعى فاعلاً لتطبيعه الذاتى أولاً، وذلك من جوانب كثيرة. التواصلات الأولى بين الطفل وأمه تتطابق مع تبادل من النوع الوجدانى: من التعبير القصدى لحالة وجدانية إلى «القراءة» النشطة للحالة الوجدانية كما يعبر عنها الآخر. هذه التفاعلات تتتالى وهى تترقى فى نفس الوقت، ومن خلال هذا المساق من التعلم الانفعالى خاصة، تتكون البناءات الأولية للمعرفة الاجتماعية للفرد كما يتكون «النمط» العام للعلاقات الشخصية المتبادلة. الطفل الصغير يكتسب سريعًا فهمًا جيدًا لمشاعر الآخرين، وهذه القدرة تقوم بدور مهم فى تطور عدد لا يستهان به من أنواع السلوك الاجتماعى. تساهم الوجدانات والانفعالات بشكل متسع فى البناء المشترك لمعنى مجموع الخبرات المعاشة، وكذلك فى تكوين التوقعات المشتركة؛ والنضج الناقص قد يؤدى فى هذا المجال إلى «العزلة التوحدية».

على مدى صيرورته يعمل الفاعل الاجتماعى ويدافع عن هوية نفس/ اجتماعية، فى نفس الوقت الذى ينمى ويجاهد فى المحافظة على توازن علاقى ووجدانى. ولم يعد يتعلق الأمر كما كان فى توازن المجال الداخلى (homeostasie) بتصحيح البون بالنسبة لنقاط من التحفظات الفطرية. تكثر هنا الإرجاعات التى تعمل على الماضى، وعلى التاريخ الفردى: بدقة أكثر على الأعراف والمعايير التى تم استدماجها والتشريطات المتلقاة والخبرات العلاقية المعاشة سابقًا. القوانين التى تفرض نفسها على التفاعل الاجتماعى هى قوانين الحياة داخل المجتمع، وهى قوانين معيارية تتناسب مع مكان معين ولحظة معينة من التاريخ الثقافى الجمعى. فى تقييم التحريضات ووجاهة الاستجابات لها، يقوم المساق الوجدانى بدور وسيط أساسى. وبفضل التأويل والترميز للواقع الاجتماعى المعاش، يخلق التاريخ الشخصى معنىً خاصًا به وليس سابق البرمجة. ولكن فى الحدود التى تمر بها حركة الوجود، تبعًا للأعراف والتقاليد السائدة، يمكن لهذا المعنى أن يظل ضمنيًا لدرجة واسعة بما أنه لا يكون موضوعًا لبحث ولتفكير متحرر.

نظرًا للدور المهم الذى تقوم به مساقات نظام التذكر mnésique ومساقات النظام الوجدانى التى هى فى آن واحد نتاج ومحرك للتبادل فى الوسط الاجتماعى،

فليس مما يدعو للدهشة أن البناءات المخية مثل قرن آمـــون hippocampique أو مركَّب النواة اللوزية amygdalien (المرتبطـــة أحـــدها بـــالآخر داخـــل الفـــص الصدغىlobe temporal) تكون متضمنة بعمـــق فـــى صـــيرورة وأداء الفاعـــل الاجتماعى. ويجب أن نشير من البداية إلى وجود تخصص وظيفى لكل مـــن هـــذه البناءات التى تعمل بالتبادل الوثيق: على حين أن قرن آمون يأخذ جزءًا مهمًّا فـــى تذكر المعلومات الملموسة من النوع المكانى والزمانى والتضاريسى والنصى، على حين أن اللوزة تتدخل خاصة فى «الذاكرة الوجدانية». وعلى هذا فإن اللوزة تدخل فى اكتساب خوف مشروط والتعبير عنه، وفى تكوين القلق المرتبط بتوقع أحـــداث مكدرة وفى الكشف عن التغير الذى يؤثر على كبر حجم المكافأة، وفى الاعتـــراف بالانفعالات التى تظهر فى التعبيرات الوجهية.

هناك فحوص كهربائية فسيولوجية أظهـــرت أن بعـــض العـــصبونات فـــى اللوزية تستجيب بشكل انتقائى للمنبه ما أن يصبح مرتبطًا قبليًّـــا بتـــدعيم إيجـــابى (الغذاء) أو سلبى (صدمة كهربائية مؤلمة)؛ ونشاط هذه العصبونات يمكن تناولـــه وتشكيله بتغييرات تؤثر على التكافؤ الوجدانى للمنبه. من ناحية أخرى فإن الصدوع من ناحيتى اللوزة تؤدى إلى اضطراب عميق فى تكوين الـــربط بـــين «مكافـــأة» وحدث منفر لمنبه ما، وتؤدى كذلك إلى اضطراب سلوكى فى التعبير عـــن هـــذا الربط. بالإضافة إلى أن الصدوع لها تأثير على تخفيض حساسية الحيوان لكل تغير يحدث فى المكافأة التى تجعل المنبه يتوقعها، وسوف يكون لديه ميل إذن للاستمرار فى سلوك لم يعد مناسبًا.

بشكل عام، اللوزة متضمنة بعمق ليس فقط فى الاكتساب والتعـــرف علـــى المعنى الوجدانى لشىء أو لموقف، وإنما أيضا فى تطور هذا المعنى تحت التـــأثير البنائى للتجربة لتحقيق «الجبر الداخلى» للمعانى السارة والمكدرة للمواقـــف التـــى تنتج عن سلوك ما. ونسلم بسهولة إذن أنه خلال التفاعل مـــع مجمـــوع البنـــاءات المخية تقوم اللوزة بدور مهم فى تكيف السلوك خلال حياة الفرد، وفى التعبير عـــن

الأطياف الفردية للسلوك الذى يعكس التشريطات المحفورة فى هذا المعاش نفسه. ونفهم أيضا لماذا الصدوع من جانبى اللوزة تؤدى إلى اضطرب السلوك الاجتماعى الوجدانى خاصة، بما أن الفرد لا يستطيع تبنى أنواع من السلوك مناسبة إلا بالرجوع إلى حياته داخل المجموعة. إذا تم عمل صدوع كتلك، لدى القرود التى تعيش بحرية، فإن الحيوانات التى تم عمل جراحة لها تصبح غير قادرة على التعرف على معنى الإشارات الاجتماعية الصادرة عن زملائها؛ وبهذا فهى غير قادرة على إعادة الاندماج فى المجموعة أو فى أى مجموعة مجاورة: إنها تنعزل ولا تعيش طويلاً بعد ذلك. ولدى القرود الإناث فإن استئصال اللوزة من الناحيتين يؤدى إلى اضطراب السلوك الأمومى بشدة، وتموت صغار الحيوانات إذا لم يفصل بينها وبين الأم وتنشأ تنشئة اصطناعية.

وخلال مسيرة الحياة الفردية، فإن بناءات الفص الصدغى نفسها تلعب دورًا مهمًا فى نمو السلوك الاجتماعى. والصدوع المبكرة لدى القرد الماكاك تؤدى إلى اضطراب فى السلوك يظهر تدريجيًا ويزيد مع تقدم العمر: تصبح الحيوانات زائدة الحركة، وتستمر فى أنواع من السلوك لم تعد مناسبة، ويتضح أنها غير قادرة على فرض نفسها داخل المجموعة، وإذا تم عمل صدوع فى منطقة اللوزة وقرن آمون لدى قرود حديثة الولادة فنحن نلاحظ أيضا فيما بعد، بالإضافة للعجز فى التذكر، اضطرابًا عميقًا للسلوك الاجتماعى الوجدانى، مع فقر شديد للتفاعلات الاجتماعية وسلوك قهرى واضح ومتصلب. ويمكن أن نضيف (مع كل الحذر المطلوب!) أن النضج الناقص لعصبونات اللوزة وقرن آمون اكتشف داخل مخ أطفال مصابين بالتوحد، وأن الخلل فى عمل بعض المستقبلات لهذه العصبونات نفسها يمكن أن يساهم فى نشوء صعوبات التعامل الاجتماعى ويساهم فى اتجاه الانسحاب الاجتماعى وهى من خواص التوحد.

فيما وراء المتطلبات البيولوجية البحتة للحظة، وفيما وراء الطلبات المتعددة والضغوط الاجتماعية التى تستقى معناها الكامل من التاريخ الماضى للفـرد، فـإن الشخص الباحث عن معنى يمكنه أن يأخذ خطوة نحو الخلف بفضل الحوار الـذى يقوم به مع نفسه، وبفضل العمل الذى يقوم به مع نفسه تـأتى التمـثلات الداخليـة المشغولة بنشاط والتى يعاد العمل عليها باستمرار بفضل السيطرة على اللغة، تأتى لتضع نفسها بين حقيقة العالم والشخص الذى يدركه. ومن حيث التفاعلات المركبة للعمل المعرفى الدءوب مع دينامية وجدانية تترقى وتتنوع فإن هذه التمثلات هـى بناءات متطورة ولها «اتجاه»: فى مواجهة العالم الحقيقى الحالى تكوِّن «دافعيـات» (بالمعنى المزدوج «هدف للحركة» و«محرك للفعل») وهى تعطـى للفعـل كـل «معناه» (بالمعنى المزدوج «التوجه» و«المعنى») ولأن الشخص مهموم بـالتحقق وجعل إمكانياته واقعية فإنه يندفع نحو المستقبل ويعمل فى مشروع الحياة بطريقـة واعية ومتعمدة. وما أن ينمى فى نفسه داخلاً مستقلاً (ولكن أيضا منفـتح باتـساع على العالم وعلى الآخر)، فإنه يجتهد أن يعطى معنىً ووضوحًا لحياته. بالإضـافة إلى ذلك فإنه قد يكون لديه الانشغال والفرح للمشاركة فـى مـشروعات الإبـداع الإنسانى.

ومن حيث تحمله للوجدانيات والانفعالات الخام من خلال الحـوار الـداخلى ونمو التفكير فى الماضى والتوجه نحو المستقبل معًا، تتولد مشاعر وانفعالات أكثر تعقيدًا، بطول تاريخ تطور الفرد، ابتداء من حالات وجدانيـة أساسـية كـالخوف والغضب والتقزز والحزن واللذة. وشيئًا فشيئًا حينما تبنى الذات نفـسها وتتطـور، فإنها قد تعود إلى الماضى (بمشاعر ندم أو ذنب أو فخر...) أو تقوم بانعكاسات فى المستقبل (بمشاعر أمل واثق أو تخوف) أو مواجهات مـع «ذوات» أخـرى فـى المستقبل (مع مشاعر حسد وفرح مأخوذ من مآسى الآخرين وشفقة وتعـاطف...). فى تكوُّن هذه المشاعر المركبة فإن العمل داخل الـذات والعمـل المتبـادل بـين الأشخاص يتغذيان ويثريان بالتبادل.

يتركز التطور للتاريخ النوعى للمخ وكذلك نضجه البيولوجى البحث لدى الفرد فى التوصيلية connectivité واللدونة التى يتميز بها اللحاء خاصة ما قبل الجبهى. معطيات كثيرة تم الحصول عليها لدى الإنسان والحيوان تؤدى بنا إلى التفكير فى أن هذا اللحاء (هو فى حالة تفاعل وثيقة مع كل مجموع البناءات اللحائية وتحت اللحائية) يأتى بمساهمة أساسية للتكاملات الأكثر تقدمًا ليس فقط بين وظائف وعمليات معرفية، وإنما أيضا بين هذه الأخيرة ومساق من النوع الوجدانى conatif. هذه المنطقة من المخ تقوم بدور مهم فى التخطيط والتحكم والتكيف للأفعال القصدية. إنها تتلقى إشارات يمكنها أن تؤثر على تشغيل التوقعات واختيار الاستراتيجية التى تعظم المكافأة. الصدوع فى اللحاء قبل الجبهى تسبب «ضياع للتلقائية» و«الدافعية» الداخلية، والانعكاس فى المستقبل وتسبب فى نفس الوقت بعض الفقد لاستقلال الفرد بالنسبة لمحيط حياته.

أظهرت تجارب الصدع المتموضع وكذلك تسجيل الأنشطة العصبونية الأحادية أن بعض مناطق اللحاء القبل جبهى (اللحاء المحجرى – الجبهى orbito-frontal واللحاء السنجولارى cingulaire الأمامى) متصلة ببعضها مع اللوزة ومتضمنة فى معالجة المعلومات ذات الطبيعة الوجدانية فى عمل «ذاكرة العمل» وفى الكشف عن التغيرات التى تؤثر على كل معنى وجدانى. وفى هذه الظروف ليس من المدهش أن صدوع اللحاء المحجرى – الجبهى تؤدى لدى القرد إلى اضطرابات عميقة فى «الشخصية» وفى السلوك الاجتماعى: إدراك ناقص للمشاعر التى يعبر عنها الآخرين وإفقار لتعبيرات الوجه التلقائية وميل للعزلة الاجتماعية. ولدى المرضى الذين يعانون من صدوع فى اللحاء قبل الجبهى (النواة الرمادية للقاعدة التى تتلقى انعكاسات اللحاء قبل الجبهى واللوزة)، نلاحظ أيضا تبلد وجدانى وفقد «للوثبة الحيوية» واتجاه للانسحاب الاجتماعى. وتعمل هذه الصدوع على الاضطراب العميق للتعرف وتفسير الإشارات الاجتماعية ومن ثم، اضطراب تكيف السلوك للمواقف الاجتماعية المختلفة والمتغيرة. ويوضح التصوير المخى

لدى الشخص العادى، نشاطًا واضحًا للحاء السنجولارى الأمامى خلال حوادث الحزن والفرح، أو أيضا حينما يلاحظ الشخص تعبيرات وجهية محملة بالانفعالات الإيجابية أو السلبية.

بعض الملاحظات حتى نقوم بالاستخلاص

يجدر بنا أن نؤكد على الواقع المستقل (حتى وإن كانت هذه الاستقلالية نسبية بالطبع) والأهمية الحيوية للملحقات والحالات وسير العمليات ذات الطبيعة الوجدانية. إن الوجدانيات والانفعالات لا تُمتص (لا كظاهرات بسيطة ولا كمساقات محفزة «بالتوازى») فى الوظائف والعمليات المعرفية البحتة. إن دراسة عمل المخ تبين بوضوح أن الإشارة أو الحالة التى لها وزن وجدانى خاص، يمكن أن تتولد بتنشيط – بطريق كهربائى أو كيميائى – لأحد النظامين العصبونيين المختلفين، سواء من الناحية التشريحية أو الأدائية. ولما كان هذان النظامان يحتلان جزئيًّا منطقة المهيد فإننا يمكننا أن نستثير بالتزامن آثارًا مرغبة وآثارًا منفِّرة؛ ولكن يتضح لنا أن تكرار تفريغ شحنة بعض العصبونات مرتبط ارتباطًا وثيقًا بقوة استجابات الاقتراب، على حين أن عصبونات أخرى مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بقوة استجابات الهروب. التمييزية الوظيفية والانعزالية المكانية للجهازين تلتقى حتى مستوى اللحاء قبل الجبهى، وبهذا فإن الاستثارة الكهربائية للأجزاء المختلفة للحاء السنجولارى الأمامى تحفز انفعالات ذات طبيعة مختلفة. بالإضافة إلى أن التصوير الوظيفى للمخ أتاح توضيح أن حادثة حزن أو العكس، فرح، تؤثر بطريقة متمايزة على مناطق مختلفة من اللحاء المخى وأن هذه الحالات الوجدانية لا تتواءم ببساطة مع أنشطة ذات اتجاه مضاد لنفس المنطقة من اللحاء.

الإشارة أو الحالة الوجدانية، المحفزة بطريقة طبيعية أو تجريبية، يمكن أن تمتزج – بطريقة فورية أو بالتشريط – مع المعلومة الحسية، أيًّا ما كان المستوى الذى تعالج فيه هذه المعلومة. ومساقات هذه العمليات يمكن أن تتناول عمدًا بحقن

ميكروسكوبية موضعية لجزيئات عصبية نشطة ولا تغير أبدًا الوظائف والعمليات المعرفية من حيث هى كذلك. المساقات ذات الطبيعة الوجدانية كأنها «متحول متدخل» تؤمن وظيفة وسيط بين الإدراك والنشاط. وهذه الوساطة ثنائية التوجه تتيح مرونة كبيرة لأداء المخ، مما يسمح للمخ بالتخطيط وتنظيم التفاعلات التى تكون متكيفة ومكيفة فى الحوار الثلاثى الذى يديره الإنسان مع البيئات الخاصة به. فى علاقتنا مع العالم ومع أنفسنا يلعب البعد الوجدانى للوعى دورًا أساسيًّا، لأنه ينعش ويوجه ويثرى الفكر ويساعد على تثبيت الأولويات والتغيير فيها وعمل الاختيارات. هذه الطريقة لرؤية الأشياء تلتقى تمامًا مع رؤية علماء النفس الذين يقدمون مفهومًا وظيفيًّا وديناميًّا وتطوريًّا «للشخصية»، بوضوح يتم هو نفسه بطريقة دينامية وديالكتيكية وتتطور عبر الزمن. هذه التكاملات والتآزرات والتوقيتات التى يستلزمها هذا المنظور فى داخل المخ مؤمّنة بصفة خاصة من خلال أجهزة عصبونية ذات وظيفة «متسامحة» مثل الجهاز اللحائى الطرفى mésocorticolimbique.

ولا يعتبر هذا عدم اعتراف بالأهمية الكبيرة «للعلوم العصبية المعرفية» وإنما هذا لأننا نتحدث فى صالح النمو المأمول بشدة «لعلوم عصبية وجدانية». وهذا يفرض نفسه بدرجة أكبر لأن البعد الوجدانى للعمليات العقلية يولد ويعمل وينتشر داخل المخ نفسه، بدون أى تراسل مع العالم الفيزيقى الخارجى؛ على حين أن بنائية العمليات المعرفية تتم بالتفاعل مع بناءات متماثلة من نفس هذا العالم. هذا يعنى أنه لا يمكننا أن نتجاهل المعطيات المطروحة من قبل «علم الأعصاب الوجدانى» إذا أردنا القيام بتفكير نقدى عن طبيعة ووظيفة العمليات من النوع الوجدانى وهو مساق يصبح الوجود الإنسانى بدونه مبتورًا من أحد أبعاده العظمى.

المراجع:

- KARLI (P.), «Cerveau et efficacite», *Revue internationale de philosophie,* n° 209, mars 1999, p. 347-363.

الخريطة المخية للرغبة الجنسية الذكرية[٧]

بقلم: سرج ستوليرو

Serge STOLÉRU

ترجمة: ماجدة الريدى

تتركز الدروس فى إطار التربية الجنسية للأطفال غالبًا على أعضاء التناسل الخارجية، وعلى أعضاء التناسل الداخلية أو على فسيولوجية التكاثر، ولكن يقول بعض التربويين إن العضو الجنسى الأكثر أهمية هو ما يقع بين الأذنين، أى المخ.

من وجهة نظر علم الطبائع، فإن موضوع السلوك الجنسى أساسى مادامت الوظائف الكبيرة للسلوك الحيوانى هى: إيجاد الغذاء وإيجاد وكر مناسب بيئيًّا وتفادى القناصين والعثور على شريك جنسى.

وسلوك الجماع لدى الحيوان ليس سوى نقطة الأوج لسلسلة من المراحل السابقة، حيث للمخ دور منوط به فى كل مرحلة من المراحل. وحالة الاستثارة الجنسية وهى حالة نفسية وفيزيقية فى آن واحد تجعل الفرد مستعدًّا للقيام بالسلوك الجنسى. وحالة الاستثارة الجنسية مرتبطة بعوامل داخلية، هرمونية خاصة، وعوامل خارجية مرتبطة بالمثيرات والورودات الآتية من البيئة. ومفهوم الاستثارية الجنسية قريب من الإثارة الجنسية. ومفهوم الاستثارية هذا يحدد نزوع الفرد للدخول فى وقت معين فى حالة استثارة جنسية كدالة لمثير أو أكثر فى البيئة.

---

(٧) نص المحاضرة رقم ٣٧ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٦ فبراير ٢٠٠٠.

وتؤدى بنا الدراسات الحديثة فى مجال علم النفس التطورى إلى الظن بأن الانتخاب الطبيعى اختار فى المخ أنظمة تجعل من السلوك الجنسى مصدر لذة الفرد، أى سلوك الجماع الجنسى ولكن أيضا مرحلة الاشتهاء، يعنى السعى والاقتراب من الشريك أو الشريكة الجنسية.

لعب الاختيار الطبيعى غالبًا دورًا فى بناء مخ يتحكم فى مساقات الإثارة الجنسية والتعبير عن سلوك الجماع الذى يؤدى إلى نقل الجينات إلى الجيل التالى.

إن المخ متضمن غالبًا فى كل المراحل المتتالية للسلوك الجنسى من أول البداية (مرحلة الاشتهاء) حتى النهاية (المرحلة المسماة الدخولconsommatoire) وإحدى المراحل الأولى هى المعالجة المعرفية لمنبهات البيئة. ومولد الاستثارة الجنسية لدى فرد ليس بالضرورة هو نفسه بالنسبة لفرد آخر، لا يوجد ما هو أكثر تنوعًا من الموضوع الذى يسبب هذه الحالة. المخ متضمن فى معالجة المنبهات الخارجية، وموضوعات الدوافع الغريزية، كما يقال فى التحليل النفسى، هذه المنبهات التى سوف تكون مولدة لحالات الاستثارة الجنسية.

ولدى القرود فإن خصائص الإناث كالرائحة أو الإشارات البصرية، تعالج من قبل المخ وتشجع وتسهل السلوك الجنسى. هذه الخصائص تقيَّم عبر المعالجة المخية لمعلومة حسية. ولدى الموجودات الإنسانية أيضا، تكون الجاذبية الجنسية قائمة على عوامل كثيرة يجب أن تقيَّم حتى تنمو الاستجابة الجنسية. يوجد لدى الإنسان عوامل غالبًا أكثر تطورًا من الحيوان وهى العوامل الدافعية، وخاصة الإدراك الواعى للرغبة الجنسية والعوامل الوجدانية بكل أبعادها واللذة المرتبطة بالجنس. وإنه لأكثر من مرجح أن المخ يتدخل لكى يولد لدى الفرد، من ناحية، هذا الإدراك للرغبة الجنسية، ومن ناحية أخرى هذا الإدراك الوجدانى للمشاعر وللذة التى تكون على قدم المساواة مع هذا السلوك.

وعلى ذلك، فمن الواضح أننا لا نستطيع أن نقنع، إذا أردنا فهم السلوك الجنسى للإنسان، بأن ندرسه لدى الحيوان، بما أن السلوك الجنسى الإنسانى يتميز

بخصائص خاصة، ولن نتمكن أبدًا أن نفهم إذا نحن اقتصرنا على دراسات لدى الفأر أو حتى القرد.

وقد تم الحصول على عدد من المعارف عن المتلازمات التشريحية للاستثارة الجنسية الإنسانية. رسم المخ الكهربائى، وهى تقنية مألوفة تبين أن الفص الجبهى lobe temporal الأيمن متضمن غالبًا فى الاستثارة الجنسية. وقد أوعزت بذلك تجارب طبقت رسم المخ الكهربائى على أشخاص يقومون بملاحظة صور فوتوغرافية ذات مضمون جنسى واضح.

وتنقل لنا دراسة فنلندية قائمة على تقنية التصوير المسمى SPECT، أنه فى فترة الارتواء (الأورجازم) يحدث انخفاض فى معدل الدم المخى فى كل المناطق فيما عدا المنطقة قبل الجبهية prefrontale اليمنى، وهى إذن المنطقة الأمامية للفص الجبهى من الناحية اليمنى. وعلم الصرع يعلمنا أنه، لدى بعض الأشخاص، يحدث إبان النوبات الصرعية، أنواع من السلوك الجنسى الأساسى. هذه ظاهرة نادرة ولكنها مهمة فى تأكيد أى المناطق فى المخ يمكن أن تكون على علاقة بالجنس. توجد مثلاً نوبات حيث يحس الشخص بأحاسيس تناسلية من الناحيتين، وأيضا، سوف يشعر بشكل متزامن بمظاهر وجدانية مثل الخوف أو اللذة. فى مثل هذه النوبات تتدخل المناطق الجبهية أيضا وخاصة اللّوز المخية amygdales cerebrales ومنطقة قرن آمون[٨] hippocampique. توجد نوبات صرعية أخرى مصاحبة بسلوكيات جنسية، حيث المظاهر لا تكون وجدانية أو جنسية وإنما حركية. وهؤلاء المرضى يمسكون بأعضائهم التناسلية ويمكنهم أن يبدأوا بحركات ارتفاع الحوض، وتبدو هذه النوبات على علاقة بنقطة بداية فى اللحاء السينجولارى cingulaire. واللحاء السينجولارى عبارة عن حزام من المادة الرمادية الموجودة فوق الجسم الصلب (الثفنى calleux) الذى هو عبارة عن شريط

---

(٨) نتوء مستطيل يحتل الجدار الخارجى للرتج الأسفينى لكل بطين جانبى للمخ. (قاموس ماسون Masson الطبى syn.: corne d'Amon, grand hippocampe). (المترجمة)

من المادة البيضاء التى تجمع النصفين الكروين للمخ. واللحاء السينجولارى هو إذن منطقة عميقة على السطح الداخلى للنصفين الكرويين للمخ.

والصدوع الناجمة عن المرض أو المصطنعة بالتدخل الجراحى العصبى أمدتنا بمعطيات مكملة. فقد كان هناك حتى حالة من الصرع المستعصى على العلاج حيث نزع الجراحون الفص الجبهى من الناحيتين وخاصة الجزء الداخلى أى اللوز المخية وقرن آمون، وقد أظهر هذا المريض بعد العملية زيادة فى الرغبة الجنسية مع استمناء أمام الآخرين، كما ظهر سلوك جنسى مثلى على حين أن سلوكه فيما قبل كان جنسيًا مغايرًا فقط. نزع الفصوص الصدغية أدى إلى نوع من عدم الكف للسلوك الجنسى. وحينما حدث هذا التدخل الجراحى لدى القرد نتج عنه زيادة مؤثرة جدا للرغبة الجنسية.

الاستئصالات الجبهية أظهرت أنه فى كثير من الحالات كان يظهر عدم كف جنسى. فى ألمانيا الغربية فى الستينيات تم التدخل الجراحى لحل المشاكل التى يطرحها القائمون بالهجوم الجنسى، أى مشاكل الاغتصاب، إذن تم تدخل جراحى على المهيد hypothalamus. المهيد لدى الحيوان متضمن جدا فى السلوك الجنسى.

وقد قال المرضى الذين تم عمل جراحة لهم أنه حدث انخفاض لسلوكهم الجنسى ولرغبتهم الجنسية. ونتائج هذه التدخلات الجراحية صعبة التفسير مع ذلك، لأنه من الواضح أن واقعة التعرض لهذا التدخل لها فى حد ذاتها تأثير نفسى فى غاية الشدة.

وقد أتاح ظهور تقنيات جديدة للتصوير المخى خلال الثمانينيات، من بينها التصوير بإصدار بوزيتون أو TEP أن يكون لدينا رؤية عن الشخص المعافى خارج أى تدخل جراحى، وعن عمل الأجزاء المختلفة من المخ، وقد حاولنا باستخدام TEP أن نبين ما هى المناطق التى تنشط حينما يستجيب فرد ذكر فى صحة جيدة لمنبهات بصرية جنسية صريحة.

الدراسة الأولى

لقد أعطى المفحوصون فى كل من الدراسة الأولى والثانية موافقتهم الكتابية على المشاركة فى البحث، بعد أن تم إعلامهم بطريقة مفصّلة بأهداف وطرق هذه الدراسة. وقد تم وضع الدراستين تحت رعاية لجنة استشارية لحماية الأشخاص الذين يشاركون فى أبحاث طبية حيوية وقد أعطت هذه اللجنة رأيًا مؤيدًا. فى الدراسة الأولى وضحنا جدوى وصدق منهجنا. ولم نكن نعرف فى الواقع فى هذه الحقبة إذا ما كانت الاستثارة الجنسية، وهى حالة تتعامل مع حميمية الشخص، يمكن أن تطلق فى بيئة، غير مناسبة *مسبقًا*، وهى وجود الكاميرا TEP (آلة التصوير) وقد قمنا بدراسة ثمانية أشخاص متطوعين أصحاء، ذكور، يستخدمون اليد اليمنى بسبب الجانبية اليمنى أو اليسرى للظواهر الوجدانية فى المخ، وأخيرًا ذوى اتجاه جنسى غيرى بما أننا لم نكن نعرف ومازلنا لا نعرف جيدًا إذا ما كان التوجه الجنسى يمكن أن يؤثر على الظواهر التى ندرسها. وقد تمت دراسة سابقة لهؤلاء الشباب الذين تتراوح أعمارهم ما بين ٢١ و٢٥ سنة على المستوى النفسى للتأكد من أن من المنظور أن يكون لهم استجابات واضحة فى مواجهة الصور الجنسية الصريحة. وعلى ذلك فقد قاموا بملء استخبارات نفسية هدفها دراسة قابليتهم للاستثارة الجنسية.

وعلى المستوى التجريبى كان هناك ثلاثة شروط. فى الشرط الجنسى، كنا نقدم جزءًا من فيلم يظهر العلاقة الجنسية الغيرية. وهذا الجزء من الفيلم تم اختياره مسبقًا لكى يحقق شرطين: أولاً ألا يكون ذا طبيعة صادمة، إذن لا تثير التقزز، أو أى شعور آخر غير سار، وثانيًا أن يثير حالة استثارة جنسية. وكان الشباب قد قيموا هذه الأفلام مسبقًا بالنسبة لهذين المحكين. فى الشرط الثانى كان هناك فيلم «محايد انفعاليًّا». من الصعوبة جدا بمكان اختيار فيلم كهذا، ذلك أنه يجب أيضا أن يتفادى أن يولد شعورًا بالملل، وكان عبارة عن فيلم تسجيلى حيث يقوم فيه شخص باستكشاف غابة أو يمشى فى جزيرة. بالنسبة للشرط الثالث، فكرنا فى أن يكون

هناك شرط انفعالى سار على ألا يكون جنسيًّا، بحيث نميز النشاط المخى المميز للاستثارة الجنسية من ناحية والتفاعل الانفعالى غير الجنسى من ناحية أخرى. وعلى ذلك، فقد أدرجنا فيلمًا من النوع الفكاهى لأن الفكاهة انفعال سار والمضمون لا يحمل طابع جنسى فى الجزء المختار.

لقد حاولنا قياس استجابات الأشخاص بأن نقدم لهم بعد كل فيلم مقاييس تقييم لاستجاباتهم الذاتية. ولذا فقد سألناهم: « خلال الفيلم الذى رأيته توًّا ما هى شدة الاستثارة الجنسية التى استشعرتها » وطرحنا تسعة مستويات ممكنة تتجه من فى غاية الشدة إلى فى غاية الضعف. وسألناهم نفس الشىء بالنسبة لشدة الفكاهة المدركة. ولما كنا لم نكن نعرف جيدًا ما هى استجاباتهم، فقد قدمنا لهم استخبارًا للقلق لنتأكد من أن البروتوكول لم يكن يثير القلق. بالإضافة إلى أن البروتوكول لا يبدأ إذا تجاوز القلق مستوى محددًا يعتبر مرتفعًا جدا من قبل مصممى الاستخبار. وحقيقة، لم يظهر المفحوصون قلقًا تعدى ذلك المستوى، وسار البروتوكول بدون تغيير لعدم ظهور مثل هذه المشكلة.

وقد صممنا أن يكون لدينا مقياس موضوعى للاستثارة الجنسية وتسجيل الانتفاخ القضيبى باستخدام جهاز قياس ضخ الدم فى شرايين الأطراف pléthysmographe. كان المفحوص يضع بنفسه حلقة صغيرة مصنوعة من السليكون وكانت تلك الحلقة تتسع فى حالة الانتصاب وهذه الاستجابة الموضوعية كانت تنتقل إلى جهاز مسجّل.

وأخيرًا قمنا بتسجيل الاستجابات النفسية الفسيولوجية الأخرى وهى موضوعية أيضا، مثل إيقاع القلب وإيقاع التنفس ومستوى الهرمون التستوستيرون فى البلازماtestosterone plasmatique (هرمون الخصية البلازمى).

تتيح برمجيات مختصة بهذا الغرض معرفة أى الأماكن فى المخ يحدث فيها ارتفاع للنشاط المخى فى لحظة معينة. وبشكل تخطيطى تمامًا، سوف نفحص الظرف الذى يهمنا فى هذا الوضع وهو الظرف الجنسى. الـ TEP تعطينا فى كل

نقطة من المخ قياسًا لمعدل الدم الموضعى؛ ثم نأخذ القياس الملائم فى نفس النقط من المخ ولكن كمرجع وهو الشرط المحايد، وتقوم البرمجيات فى كل نقطة من المخ بعملية طرح للقياسين. الطريقة الإحصائية تسمح بتحديد ما إذا كان هذا الفرق له قيمة أم لا، إذا كان مجرد ضوضاء ليس له معنى أو على العكس أن هذا الفرق ذو دلالة ويرجع فعلاً لأثر فسيولوجى. لقد قمنا بطرح جنسى- محايد لتحديد المناطق المخية التى تنشط خلال الاستثارة الجنسية ولكن أيضا محايد – جنسى إذا كان هناك مناطق تمتنع عن النشاط. وقد قمنا بطرح أيضا فكاهى – جنسى وجنسى – فكاهى، لمعرفة ما إذا كانت هناك مناطق تنشط (أو تكف عن النشاط) أكثر فى الموقف الجنسى من نشاطها فى الفيلم الفكاهى.

تزداد سرعة ضربات القلب المتوسطة قليلاً أمام الفيلم الجنسى، ولما كان كل المفحوصين قد أظهروا هذا الارتفاع، فقد اتضح أنه ذو دلالة إحصائية. وسرعة التنفس ترتفع ارتفاعًا طفيفًا، وهنا أيضا بطريقة ذات دلالة إحصائية لأن ذلك يتم للكل. ونسبة هرمون التستوستيرون ترتفع فى الدم. لدى الإنسان ولدى كل الثدييات التى تمت دراستها استجابة لهرمون التستوستيرون الدموى فى حالة الاستثارة الجنسية وأكثر فى حالة الجماع. وطبعًا الاستجابة لهذا النمط من الاستثارة الجنسية الذاتية كانت قوية جدا. وكانت الاستجابة «بشدة كبيرة» للأفلام الجنسية. والاستجابة فى «غاية الضعف» للأفلام المحايدة والأفلام الفكاهية. والفكاهة المدركة كانت شدتها ضعيفة جدا للأفلام المحايدة والأفلام الجنسية وشدتها متوسطة كاستجابة للأفلام الفكاهية. استجاب كل المفحوصين لعرض الأفلام الجنسية لظاهرة الانتفاخ القضيبى. وأخيرًا، فإن مستوى هرمون التستوستيرون البلازمى المقاس بعد الأفلام الجنسية اتضح أنه أعلى من المستوى المقاس بعد الأفلام المحايدة. إذن نستطيع أن نقول إننا قمنا بإحداث الحالة التى كنا نبحث عن إحداثها.

يرتفع المعدل الدموى فى المناطق الآتية: التلفيف gyrus السينجولارى الأيسر والتلفيفة circonvolution الصدغية السفلى اليمنى، واللسان الأيمن insula

(الموجود بين الفص الجبهى والفص الصدغى)، والنـــواة المذنبـــة caudé اليمنـــى عندما تقدم الأفلام الجنسية، بالمقارنة بمستوى هذا المعدل أثنـــاء عـــرض الأفـــلام المحايدة. نجد من جديد إذن الفص الصدغى والمنطقة الجبهية التـــى أشـــرنا إليهـــا بالنسبة للاستئصالات. ونجد من جديد التلفيف السينجولارى الذى أشرنا إليـــه فـــى النوبات الصرعية. وفى الطرح محايد– جنسى يبدو أن الجزء الخلفى من التلفيـــف السينجولورى وجزءًا من الفص الجبهى يتوقف نشاطهما.

عقب هذه الدراسة أحسسنا أنه أخيرًا يمكننا أن نحلل بشكل أفضل الظـــاهرة النفسية للإثارة الجنسية. إن هذا يبدو متناقضًا لأنه أخيرًا، منطلقين من علم الحيـــاة (بيولوجيا) وعلم الحياة العصبى و(البيولوجيا العصبية)، أصبح لدينا الانطباع بأننـــا نفهم بشكل أفضل بعض مظاهر علم النفس. إن تفسيرنا للنتائج أدى بنا إلى الظـــن أن هناك مكونًا معرفيًّا، ومكونًا انفعاليًّا– دافعيًّا ومكونًا فسيولوجيًّا، لأننـــا عنـــدما حاولنا فهم ما هى الأشياء التى تتناسب معها الأنشطة الموصوفة عاليه فقد فسرناها بالطريقة الآتية. لقد فكرنا أن الأنشطة الصدغية تتناسب مع المعالجة المعرفية لهذه الأفلام، لأسباب تتعلق بالتراث العلمى لدور اللحاء الـــصدغى. بالنـــسبة للمكـــون الانفعالى والدافعى كان لدينا أسباب لكى نفكر، ودائمًا بسبب التراث العلمى فى هذا المجال أنه يمكن أن يكون على علاقة بالتلفيف الـــسينجولارى وأيـــضا باللـــسان. والمكون الفسيولوجى، كان يوجِد أسبابًا للتفكير بأنه يمكن أن يكون علـــى علاقـــة بتنشيط التلفيف السينجولارى أيضا لأننا نعرف، وسوف أعود لهـــذا، أنـــه أســـاس الظواهر العصبية النمائية، خاصة القلب، وأنه يؤثر على الضغط الشريانى إذا مـــا تم تنبيهه سواء أكان ذلك لدى الإنسان أو لدى الحيـــوان. والمكـــون الفـــسيولوجى يتضمن ظواهر الانتصاب، والظواهر القلبية، والظواهر التنفسية وأيضا التغييـــرات الهرمونيه.

الدراسة الثانية

آلة التصوير المستخدمة فى الدراسة الأولى لم تكن تسمح ألا بتجميع معطيات عن جزء من المخ. بالإضافة إلى أن المفحوصين تم اختيارهم بناء على محكات معينة: كانوا شبابًا بصفة خاصة وردودهم على الاستخبار كانت توضح أنهم سوف يتفاعلون غالبًا بطريقة قوية للصور الجنسية. الدراسة كانت استكشافية تمامًا، أى أن بعض النتائج يمكن أن ترجع للصدفة، وكان لا بد من تأكيدها. من ناحية أخرى فإن الصور المعروضة بحكم أنها أفلام، أى متحركة، يمكن أن تثير سؤالاً، ما إذا كان التنشيط الصدغى لا يعكس معالجة حركة الأهداف البصرية. وأخيرًا كان يبدو مهمًا جدا أن تقدم صور ليس لها نفس قيمة التنبيه الجنسى، أى رفع شدة المنبه تدريجيًا ومعرفة ما إذا كانت الاستجابة المخية سوف تزداد بالتوازى.

وقد شارك فى الدراسة الثانية ٩ مفحوصين ذكور يتراوح عمرهم بين ٢١ و٣٩ سنة فى صحة جيدة على المستوى الفيزيقى والنفسى ولا يعانون من اضطراب جنسى ولم يتم اختيارهم على أساس قابليتهم العالية للاستثارة الجنسية بشكل خاص، وقد قدمنا الشروط الثلاثة للدراسة الأولى مضافًا إليها ثلاثة شروط فوتوغرافية بحتة:

- صور فوتوغرافية لنساء لا تتضمن استثارة جنسية (شخصيات نسائية بكامل ملابسهن تقمن بأنشطة مهنية).
- صور عارضات أزياء، إذن نساء جميلات ولابسات.
- وأخيرًا صور شابات عاريات أو جزء كبير منهن عارٍ. وقد تم تقييم الثلاث فئات من الصور من قبل متطوعين لم يشاركوا فى باقى الدراسة وكانت هناك درجات لتقييم طابع الاستثارة الجنسية لهذه الصور.

وإحدى المشكلات التى قابلتنا فى هذه الدراسة أن حالة الاستثارة الجنسية لا تتوقف بطريقة فورية. هناك استمرارية للإثارة الجنسية. ولذا فقد اتبعنا نفس نظام

العرض لكل المفحوصين: أفلام محايدة ثم أفلام فكاهية ثم صور غير مثيرة ثم صور عارضات أزياء ثم صور نساء عاريات وأخيرًا أفلام جنسية صريحة. وإلا فإنه كان سوف يحدث «عدوى» بالإثارة الجنسية للمنبه المحايد. للتأكد من أن المثيرات حثت على حالة من الاستثارة الجنسية فقد استخدمنا نفس الأدوات ونفس مقاييس الدراسة الأولى ولكن هذه المرة قمنا بقياس ضغط الدم الدياستولى والسيستولى.

ونُظِّم العرض لكل فئة من المنبهات البصرية كالآتى: تنبيه بصرى ثم تقديم الاستخبارات وعودة للخط القاعدى الانفعالى بفضل فيلم محايد ثم راحة ثم من جديد تنبيه انفعالى... إلخ. ولما كان TEP له إشارة صوتية ليست جيدة جدا، فكان يجب إعادة كل قياس، أى استخدام فيلمين أو مجموعتين من الصور لكل فئة من المنبهات.

الإثارة الجنسية كما أدركها المفحوصون كاستجابة لمختلف المنبهات المتنوعة هى كالآتى:

- أفلام محايدة: إثارة شديدة الضعف
- أفلام فكاهية: إثارة شديدة الضعف
- صور غير منبهة: ارتفاع طفيف للإثارة
- صور عارضات الأزياء: إثارة ما بين ضعيفة ومتوسطة
- صور شابات عاريات: إثارة ما بين متوسطة وقوية
- أفلام جنسية: إثارة كبيرة

ويوجد ارتفاع تدريجى ذو دلالة للضغط الشريانى كاستجابة للمنبهات المتتالية. الانتفاخ القضيبى معدوم كاستجابة للأفلام المحايدة، ثم هناك ارتفاع تدريجى للانتفاخ القضيبى بدءًا من عرض صور عارضات الأزياء. هرمون التستوسترون يرتفع قليلا أمام الأفلام الفكاهية. بالإضافة إلى ذلك، فإنه أقل شدة أمام الأفلام الفكاهية عنه أمام الأفلام الجنسية.

وحينما قمنا فى كل نقطة من المخ، بطرح قيمة المعدل الدموى أثناء عرض الأفلام المحايدة من قيمة المعدل الدموى أثناء عرض الأفلام الجنسية الصريحة، رأينا ظهور نشاط للتلفيف السينجولارى الأمامى الأيسر ذى قمتين، قمة أمامية تمامًا وقمة أكثر نحو الخلف ولكن كله فيما يسمى التلفيف السينجولارى الأمامى. وقد حاولنا أن نرى ما إذا كان بالإمكان عمل تحليلات للاقتران. والأمر عبارة عن تحديد ما هى المناطق المخية المنشّطة كاستجابة لكل من الأفلام الجنسية الصريحة وكاستجابة لصور عارضات الأزياء ولصور الشابات العاريات. عندما قمنا بعمل هذا التحليل، رأينا ظهور التلفيف السينجولارى الأمامى، النتيجة تبدو إذن واقفة على أرض صلبة، إننا نجده أيًا ما كان الأسلوب الذى يسمح بتوليد الإثارة.

وخارج اللحاء السينجولارى الأمامى نلاحظ أنشطة فى أماكن أعمق من المخ: الحاجزين[٩] claustrums وأحد العقد القاعدية البوتمين putamen والمهاد thalamus. وكاستجابة لصور عارضات الأزياء تحدث ظاهرة خاصة فى اللحاء المحجرى الجبهى الأيمن. وإذا عرضنا صور، حيث تظهر نساء، فإن المعدل الدموى فى هذه المنطقة يرتفع. وما هو ملفت بشكل خاص أن المعدل يرتفع مهما كان نمط صور النساء. فى الواقع، إن المعدل يعمل بصورة قصوى أمام صور عارضات الأزياء. وحينما نسأل المفحوصين عن شعورهم أمام الصور فى وقت لاحق، يقولون إنه يوجد بعد جمالى، وحكم جمالى، على حين لا يوجد ذلك إطلاقًا أمام الصور العارية التى هى استجابات اندفاعية ولا يوجد أيضا فى الأفلام الجنسية حيث الاستجابة أكثر اندفاعية ومجردة من البعد الجمالى. وعلى ذلك فنحن نعرف أنه فى مجالات أخرى غير السلوك الجنسى فإن للحاء المحجرى الجبهى cortex orbitofrontal دورًا فى تقييم المنبه.

---

(٩) الحاجز طبقة سنجابية اللون من الخلايا العصبية فى داخل المخ تشبه الدرع أو الحاجز، وتقع بين النواة العدسية ولحاء المخ. (موسوعة علم النفس والطب النفسى للدكتور وليم الخولى)

أخيرًا فإن المناطق التى وجدت حينما قمنا بالتحليل باستخدام عملية طـرح، هى نفس المناطق التى وجدت حينما قمنا بالتحليل للبحث عن المناطق التى تتميـز بعلاقة بين درجة التنبيه ودرجة الاستجابة المخية.

يؤكد هذا العمل مفهومًا يمكن أن نسميه مركبًا للإثارة الجنسية. هذه الحالـة المركبة تتكون من عمل معرفى، وعامل انفعالى وعامل دافعى وعامل فـسيولوجى وهذه المكونات المختلفة مرتبطة داخليا بعضها بالبعض الآخر.

الجانب المعرفى هو هذه العملية التى سوف تتيح تقييم منبه وتسند إليه معنىً جنسيًا. ونحن نظن بعد هذه الدراسة أن اللحاء المحجرى الجبهى متضمن فى هـذه العملية. وواقعة أن تكون هناك استجابة قصوى لعرض صور عارضات الأزيـاء لهو دليل فى هذا الاتجاه، والدليل الآخر هو عندما ننظر إلى دراسات تمـت علـى موضوعات شبيهه، مثلا، على الإحساس اللمسى السار فى *مقابل* الإحساس اللمسى غير السار، نرى أن اللحاء المحجرى الجبهى يقيّم الطبيعة اللذيذة، أى درجة اللـذة المرتبطة بالإحساس اللمسى.

كذلك حينما يقدم طعام للقرد فإنه إذا كان جوعان فإننا سوف نـرى اللحـاء المحجرى الجبهى ينشط وإذا لم يكن جوعانًا فإن نفس الصورة لا يكـون لهـا أى تأثير عليه. إذن، كل شيء يتم وكأنما يقدم اللحاء المحجرى الجبهى المعنى الدافعى الذى يربط الشخص أو الحيوان بالمنبه.

وفيما يتعلق بالناحية العصبية النمائية للإثارة الجنسية، نظن أن هذا العمـل يشير إلى دور الجزء الأمامى تمامًا من اللحاء السينجولارى. أحد هذه الأسباب هى أنه حينما تنبه هذه المنطقة كهربائيا لدى القرد، فإن ذلك يكون بدايـة لانتـصاب. ونحن نعرف أيضا أنه لدى الإنسان، بمناسبة التدخل الجراحى العصبى حينما يـتم تنبيه هذا الجزء الأمامى تمامًا للحاء السنجولارى، فإننا نحصل على تغيرات فـى الجهاز العصبى النمائى، سرعة النبض مثلاً وسرعة التنفس أيـضا؛ عمليًـا كـل الأجهزة الحشوية تقع تحت سيطرة هذا الجزء من اللحاء السينجولارى.

وتبين نتائجنا أيضا أن المهيد يتدخل فى التحكم فى الانتصاب الذى يكون قد ولده منبه بصرى. فى التجارب على القرد حينما يتنبه الجزء الخلفى من المهيد يوجد انطلاق للانتصاب وصعود للأنثى وحركات دفع نحو الأعلى فى منطقة الحوض حتى الوصول للقذف.

يوجد فى المكون الانفعالى، ارتباط بين جانب من اللذة والإثارة الجنسية. ولدينا أسباب للظن بأن جزءًا من أجزاء التلفيف السينجولارى المنشط فى هذه الدراسة مرتبط بالإدراك الواعى للانفعال؛ ونحن نعرف بالفعل بفضل الأبحاث فى التصوير المخى القائمة على أنواع أخرى من الانفعالات (كالخوف والحزن) أن جزءًا أماميًّا جدا للحاء السينجولارى يتدخل فى الإدراك الواعى لفئات كثيرة من الانفعال.

ما الأكثر تميزًا للرغبة الجنسية؟ هو الرغبة فى وضع الرغبة موضع التنفيذ، أى إجراء الفعل؟ هذا هو الجانب الدافعى للإثارة الجنسية. نحن نظن أن المنطقة المخية التى يمكن أن تكون على علاقة أكثر بهذا الجانب هى اللحاء السينجولارى الأمامى، فى جزء نواة المذنبة أى الخلفية تمامًا. أحد الأسباب التى تجعلنا نفكر هكذا هى أن اللحاء تحت الميكروسكوب له جوانب قريبة جدا من اللحاء قبل الحركى أو المنطقة الحركية المتممة. وعلى ذلك فإن الرغبة فى الانتقال للفعل هى تحضير لسلوك حركى فعليًّا. ولنتذكر، إنه لدى القرد تنبيه للحاء السينجولارى الأمامى يحرض على ظهور سلوكيات استمناء؛ وإنه خلال النوبات الصرعية المصاحبة بسلوكيات جنسية حركية، وجد نقطة بداية فى المناطق السينجولارية الأمامية.

من المهم أن نذكر أنه إذا وضعنا شخصًا فى سرير آلة التصوير TEP لابد له أن يظل ساكنًا ولا يمكن أن ينفذ الرغبة الجنسية. يوجد إذن قهريًّا ميكانيزمات تحكُّم كافَّة سوف تمنع الانتقال إلى الفعل. فى هذه المنطقة للنواة المذنبة تمامًا فى اللحاء السينجولارى الأمامى، يوجد بشكل دقيق لحاء يسمى اللحاء الاختيارى

للفعل، سوف يتدخل فى اختيار الاستجابة الحركية. ونحن نعرف فعلا أنــه إذا أراد شخص الاختيار بين نوعين من السلوك فإنه يجب عليه أن يكفّ أحدهما لكى ينشط الآخر، سوف يمنع نفسه من الإتيان بشىء ما لكى يقوم بعمل شىء آخر. فإنه يــتم تنشيط لهذه المنطقة بالضبط من نواة المذنبّة فى اللحــاء الــسينجولارى الأمــامى. وعلى ذلك إذا عودنا قردًا على الاستجابة دائمًا بالضغط على الرافعــة للحــصول على عصير البرتقال وأعطينا له فجأة، ليس عصير البرتقال وإنما عصير آخــر لا يحبه كالماء المملح مثلا، فإنه يجب أن يتعلم أن يوقف الضغط على الرافعــة. إنــه هذا اللحاء الذى سوف يتوجب عليه العمل لمنع الاستجابة غير المناسبة.

لذلك فإننا نعتبر هذه المنطقة من اللحاء السينجولارى كمكان للتشعب، حيث تصل فى نفس الوقت إشارات من نوع « go » وإشــارات مــن نــوع « no go» (وهى اللغة المستخدمة فى تجارب القرد). وقد تكون هذه المنطقــة مــن اللحــاء مرتبطة بالضبط الجنسى، أى بهذا الانطباع غير السار فى النهاية الذى يستــشعره القرد عندما يكون لديه رغبة ولا يمكنه التعبير عنها.

نحن نلاحظ على مستوى الحاجز claustrum والعقدة القاعديــة البوتــامين putamen علاقة «الجرعة – الأثر »: كلما ارتفعت الإثارة الجنسية الذاتيــة كلمــا ارتفع نشاط putamen claustrum. بعض الحجج تزعم أن الحــاجز claustrum متضمن فى الجانب الدافعى للإثارة الجنسية. وحجج جنينيه توضــح أن الحــاجز claustrumيمكن أن يؤدى لدى القرود العليا وأيضا لدى الإنسان دورًا يقــوم بــه لدى الثدييات الأخرى الجزء الجدارى الأسفل للّوزة المخية التى نعرف أنها منــوط بها السلوك الجنسى لثدييات كالفأر مثلا. لدى الإنسان خلال الدراسات TEP لأنواع أخرى من السلوك المهدفة كالظمأ أو الجوع، نرى ظهور نشاط أيضا على مستوى الحاجز claustrum .

لكى نلخص، الفكرة التى لدينا الآن هى أن حدوث منبه جنسى، تفك شــفرته أولا المناطق الصدغية– القذلية temporo-occipitales التى سوف تقيمــه كمنبــه

جنسى، وسوف تفك شفرة شكله وسوف تحدده كمنبه من الفئة الجنسية (سيدة ناضجة بالنسبة لرجل ذى جنسية غيرية مثلا). ثم تتم المعالجة المعرفية فى المنطقة المحجرية الجبهية التى سوف تقيِّم بأن لهذا الشكل المحدد على أنه جنسى معنى دافعى أكثر أو اقل. يتوجب بعد ذلك أن يكون هناك تحكيم بين تأثيرات النمط «go» وتأثيرات النمط «no go» هذا التحكيم تبعًا للنظريات الحالية عن دور النواة الرمادية المركزية، يمكن أن يتضمن إحدى العقد القاعدية البوتامين putamen ونواة المذّنبة. النواة الرمادية المركزية تبدأ من جديد فى الصادرات نحو اللحاء السينجولارى الأمامى الذى سوف يكون له دور قبل - حركى مع احتمال تحريك للفعل الحركى. بالإضافة إلى أن بعض أجزاء الفصوص الصدغية (المختلفة عن تلك المنوه عنها فى بداية الفقرة) تمارس غالبًا عملية كفّ انكماش عضلى للسلوك الجنسى. فى هذا الاتجاه تعطى هذه الدراسة فكرة أن هناك استمرارًا لفعل الكف من ناحية الفصوص الصدغية. وحتى يمكن لشخص أن يطور فى نفسه حالة الإثارة الجنسية يجب بشكل ما أن ترفع هذه الكابحة الدائمة.

ماذا يحدث لدى المرضى الذين يقولون إنه ليس لديهم أى رغبة جنسية أو أن لديهم انخفاض بيّن لهذه الرغبة؟ هذا الاضطراب يسمى الرغبة الجنسية منخفضة النشاط DSH. حينما نقوم بتحليل مقارن بين ما يحدث لدى الأشخاص الذين لا يعانون من هذه المشكلة (المسمين« شهود») ولدى من يقولون إنهم يعانون، نرى بحق أن التلفيف السينجولارى متنشط جدا كاستجابة لمثيرات من النمط الجنسى لدى الشهود. وعكسيا إذا بحثنا عن مناطق من المخ تتوقف عن النشاط والاستجابة لمنبهات بصرية جنسية لدى الأشخاص الذين يعانون من DSH أكثر مما يحدث لدى الشهود، فإننا سوف نجدها فى المخيخ وبعض المناطق الصدغية وفى التلفيف الجبهى الأعلى الأيمن. بعبارة أخرى هذه الدراسة قد تسمح لنا أن نبدأ فى تطبيق بعض النتائج على فهم اضطرابات النمط DSH بحذر. يبدو أن هؤلاء الأشخاص ليس لديهم انخفاض كافٍ لنشاط المناطق المخية حين تعرضهم لمنبهات بصرية جنسية، التى تدعونا الدراسة السابقة، على التفكير بأنها

تلعب دورًا كابحًا لتمدد الإثارة الجنسية. هذا التفسير، الذى يحتاج للتأكيد يستتبعه أنه يمكن مساعدة المرضى بالعلاج النفسى الذى يرمى إلى تحجيم شدة الكف الذى يمارسه هؤلاء المرضى على رغبتهم الجنسية.

المخ والحركة(١٠)

بقلم: آلن بارتوز
ALAIN BERTHOZ

ترجمة: ماجدة الريدى

لا توجد حياة بدون حركة. قال فاوست: «فى البداية كانت الكلمة»، ولكن استدرك وقال: «فى البداية كانت القوة» ولكنه ختم قائلاً: «لا، فى البداية كانت الحركة». يجب أن نبحث فى القواعد العصبية للحركة عن أسس الأنشطة المعرفية الأكثر رقيا فى المخ الإنسانى. إن الإمساك بالفريسة، والإفلات من القناص، هى الأفعال الأكثر أساسية التى أتاحت للأنواع أن تحيا منذ ثلاثة ملايين سنة. والإمساك بالفريسة هو التكهن بأفعال الحيوان الذى نريد الإمساك به. والإفلات من القناص هو استشفاف نوايا من يهاجمك. الأمر لا يتعلق إذن بردود أفعال واستجابات سلبية لمنبهات حسية. منذ البداية كان التحكم فى الفعل يتطلب أن يكون المخ متنبئ ويحاكى أفعال الآخر. كل شىء يتم فى بضعة كسور من الثوانى. ولذا فإن من بقيت على قيد الحياة هى الحيوانات التى استطاعت خلال ٢٠٠ أو ٣٠٠ مللى ثانية أن تقيّم موقف وسياق وتستدعى ذاكرة الأفعال الماضية وأن تتخذ قرارات.

المخ مولد للفروض

العلاقات بين الإدراك والفعل هى فى الأصل من الوظائف المعرفية الأكثر

---

(١٠)نص المحاضرة رقم ٣٨ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٧ فبراير ٢٠٠٠.

تعقيدًا للمخ. يوجد تحت تصرف الحيوان والإنسان كي ينتقل من مكان لمكان، شبكة من العصبونات فى النخاع الشوكى تنتج إيقاعات أتوماتيكية مثل التنقل والجرى، ولكن مسألة التآزر بين وضع الجسم والحركة مسألة معقدة. وهى تحل، من بين حلول أخرى، بثبات واضح للرأس، الذى يصبح أرضية للتوجه. إن رأس النعامة التى تجرى ثابتة بامتياز. ولكن المخ تطور لكى يمسك بالفريسة ويتفادى القناصين بفضل الحركات السريعة جدا. مخ الفهد الذى يحاول الإمساك بغزالة ليس لديه الوقت لكى يعالج كل معلومات ماسكاته الحسية: يجب أن يختار فيما بينها. والمتزحلق على الجليد ليس لديه الوقت لكى يقيم كل حركات جسمه على الجليد. إنه يحاكى المسار فى رأسه ولا يقوم إلا بمراجعة من وقت لآخر لحالة بعض الدلائل الحسية المفيدة له لمعرفة موضعه أو المسافة التى تمتد حتى الوتد.

كيف يدمج المخ هذا التعدد فى المعلومات الذى تمده بها الحواس؟ وما الحواس التى تتيح لنا تقييم هذه الحركة واتخاذ قرارات؟

النظر، طبعًا، يتيح لنا فحص الأشياء. وبدءًا من العين،، تنعكس المعلومات عن العالم المرئى والأشياء على المناطق البصرية الأولية، وتحديد الأشياء يؤمن عن طريق أربعة سبل عصبونية، طريقين قصيرين وهو الحصّية colliculus وبناءاتها الملحقة التى تنقل معلومات الحركة وتسمح بالتوجه نحو هدف وطريقين لحائيين. الطريق الأول المسمى بطنى ventrale يسمح أساسًا بتحديد الأشياء. وفى اللحاء الصدغى الأسفل توجد العصبونات التى تتعرف على الوجوه والأشياء وهى مكتبة حقيقية للعروض. والطريق الثانى يسمى ظهرى dorsale منوط به العلاقات بين الجسم والفراغ وقيادة الفعل.

بالإضافة لهذه الطرق التى تذهب من الشبكية نحو المراكز التى تشتغل على إدراك الأشياء، توجد طرق رجوع تؤثر على إدراكنا للأشياء. ألم يتعرض أى منا فى الليل أو فى العتمة للتعرف على زرافة أو فيل على حين أنها كانت صخرة أو شجرة؟ يعكس المخ على العالم، إدراكات قبلية بدءًا من بناءات داخلية للمخ، سوف

يسقطها على أول مرحّلات حسية وخاصة على المنطقةV1 الخاصة بالتمثلات والإدراكات. هذه الفكرة ليست حديثة. وقبل ذلك كان لدى اليونانيين مثل أنبادقليس Empédocle، فكرة أن المخ يعكس نارًا على الأشياء، ذلك أن المخ لا يقنع بالتلقى السلبى للمعلومات من العالم. إنه يعكس نورًا. نجد من جديد بعض مظاهر هذه النظرية فى الاكتشافات الحالية لعلم الأعصاب.

ويوضح المثال التالى التشويه الذى يقوم به المخ لحقيقة العالم المرئى. على صورة فوتوغرافية لمسز تاتشر Thatcher، غُيِّرت الحواجب بطريقة تجعلها قبيحة جدا وذلك بقلب الحواجب من أعلى لأسفل. إذا عرضت هذه الصورة بالمقلوب فسوف تجدوا صعوبة للتعرف على مسز تاتشر ولكن إذا تعرفتم عليها فإنكم لن تدركوا أن الحواجب مقلوبة. المخ عكس على الصورة إدراك مسبق من الذاكرة لصورة مسز تاتشر التى رأيتموها منذ مدة طويلة. المخ يحب التماثل؛ وله ميل لأن يجعل الأشياء التى يراها متماثلة. ويحب أيضا أن يجعل الأشكال تتصف *بالتصلب*. المخ آله تقوم بمعالجة المعلومة ولكنها أيضا آلة تعكس قيودها وفروضها وإدراكاتها على العالم.

خمس حواس؟ لا، ست أو أكثر

ما الحواس التى تتيح تقييم الحركة؟ بالإضافة للحواس الخمس، الشم والنظر والسمع واللمس والتذوق لدينا فى الجسم ماسكات متخصصة فى إدراك الحركة. ماسكات العضلات تقيس مدى تمددها وتتيح – حينما نقوم بحركة – أن نعرف طول العضلة. وفى المفاصل لدينا ماسكات تقيس زاوية المفاصل بين بعضها البعض. وفى الجلد لدينا بالطبع ماسكات لمسية. هذه الماسكات لا تعرف ولا تسمح للمخ إلا بمعرفة التنقلات النسبية لأجزاء الجسم أحدها بالنسبة للآخر. ولكنها لا تحدد العلاقات بين الجسم والعالم.

وبالمقابل، فإن النظر يسمح بعمل هذه العلاقة. هو أيضا عدَّاد سرعة. النقرة المركزية fovea ظهرت لدى الحيوانات متأخرًا، إنها لدى القرود ولدى الإنسان؛

حتى قطتك لها منطقة حيث الدقة غير الأكيدة مجاورة لإنسان العين. النظر كان فى البداية ماسك لقياس الحركات ويعمل على مجموعة ماسكات غير معروفة موجودة فى الأذن الداخلية على مقربة من الأذن التى تسمع: ماسكات الـدهليز. لـدينا إذن مجموعة ماسكات سوف تتيح لنا قياس الحركة.

المخروطات العصبية العضلية الموجـودة فـى العـضلات والتـى تقـيس استطالتها وسرعتها ليست ماسكات سلبية وهدف الفعل يمكن أن يغيـر تـشغيلها. يوجد فى داخل هذه الماسكات التى قام بدراستها البروفيـسور لابـورت Laporte بالكوليج دى فرانس أعضاء تشير إلى استطالة العضلة، ولكن لدى هذه الماسـكات نفسها فى أطرافها عضلات صغيرة تتيح للمخ أن يغير مـن حـساسية ماسـكاته. وعلى ذلك إذا قلت «انتظر الأتوبيس، سوف يأتى بعد ساعتين»، أو «انتبه سـوف أدفعك» يمكنك أن تضبط حساسية هذه الماسكات. المخ يؤثر علـى الإدراك مـن منبعه. ونجد هذا التأثير فى نية الفعل على كل الماسكات الحسية. حتى النظر متأثر بالفعل فى ترحيلاته الأولى. الفعل يؤثر على الإدراك من منبعه.

ونفس الشىء بالنسبة للجلد، كذلك بالنسبة لحاسة اللمس، ولقد عرف الفلاسفة منذ وقت طويل جدا هذه المشكلة المهمة وهى فرق الإدراك بـين أن نلمـس وأن نكون ملموسين. وعلى ذلك لا نستطيع أن ندغدغ أنفسنا. وقد تمت حـديثًا دراسـة لنشاطات العصبونات التى تحدث فى المخ تبعًا لما إذا كنا ندغدغ أو نكون موضـع دغدغة أو أن نلمس أنفسنا أو يلمسنا أحد. وقد بين التصوير المخى أننا إذا دغـدغنا شخصًا فإن المناطق المختصة تتنشط ولكن هذه المناطق تكون سـاكنة إذا دغـدغ الشخص نفسه. مرة أخرى الفعل يؤثر على الإدراك، الأمر لا يتعلق إذن بمساقات سلبية.

المخروطات العصبية العضلية وماسكات العضلات والمفاصل تقوم بقيـاس حركات الجسم بالنسبة لنفسه، ولكن ماسكات أخرى للحركة تقـيس العلاقـة بـين الجسم والفراغ. ولدينا فى الأذن الداخلية نظام حسى كامـل موجـود لـدى كـل

الحيوانات: *الماسكات* الدهليزية ***vestibulaires*** ونميز نوعين من الماسكات أولاً، ثلاث قنوات نصف دائرية إحداها أفقية واثنتان رأسيتان، شبيهتان بحلقات الستائر ومليئتان بسائل سميك، وهي تقيس الالتفافات ذات الزاوية للرأس، حتى عندما لا نقوم إلا بكسر من الدرجة في الثانية المربعة، يعني درجات في ثانية في الثانية. التعجيل هو تغير للسرعة. ثلاث ماسكات في كل ناحية من الرأس، موضوعة في ثلاثة أسطح متعامدة، مكونة مرجع إقليدي أساسي، يمكن أن يكون في أساس مفهومنا للهندسة الإقليدية. وكما أوعز بوانكاريه Poincaré: «الفئران اليابانية ليس لديها سوى قناتين؛ قد لا يكون لديها مفهوم الهندسة ذات الثلاثة أبعاد.» هذه الماسكات لها خلايا حسية موجودة في أطرافها، وعندما نلتفت برأسنا، بأثر القصور الذاتي فإن هذه الماسكات تقيس دوران الرأس. ومع ذلك فهي ليست ماسكات موضع: فهي لا تمشي إلا حينما نتحرك. إنها ماسكات تغير الحركة، موجودة إلى جوار القوقعة. ونستطيع اليوم أن ندرس إدراك الحركة الذي تعطينا إياه هذه الماسكات، لدى الحيوان ولدى الإنسان، بفضل جداول دوارة تتيح تحريك الأشخاص في الأسطح الثلاثة للفراغ، وأن تُعكَس على الشاشات ثلاثية الأبعاد مشاهد بصرية لدراسة التعاون بين الماسكات والنظر في إدراك الحركة.

والماسكات مسئولة عن توازن العالم البصري. لا يمكننا حينما نحرك رأسنا أن نستخدم خواص الرؤية لكي نرى أشياء موجودة أمامنا. إذا كانت صورة العالم تتحرك ١٠° في الثانية تقريبًا على الشبكية، فإن الصورة تكون مشوشة. وتتم دورانات الرأس على أكثر من ١٠٠° في الثانية! وقد صنعت الطبيعة آلية، هي رد فعل دهليزي – بصري vestibule - oculaire يجعل العين تنتقل في اتجاه عكسي لحركة الرأس حينما تتحرك.

هذه الماسكات تقيس دورانات الرأس، وتنتج حركة للعين في الاتجاه العكسي لحركة الرأس، مما يثبت صورة العالم على الشبكية. هذا الانعكاس قديم جدا وموجود لدى كل الحيوانات، ويعمل مع انعكاسات أخرى تنقل معلومات الحركة

البصرية على الشبكية وتأتى لتمتزج ببناءات العمود الفقرى والمخيخ بآلية تسمح بهذا الثبات الإدراكى الذى بدونه لا يمكننا أن ننتقل ونمسك بفريسه، أو أن نستمر فى تحليل العالم بينما ننتقل.

هذه الآلية بسيطة ومركبة فى آن واحد، أسماك التُرس حينما تولد تعوم مثل كل الأسماك. ولكن بعد أسابيع قليلة تنبت فى رأسها فكرة أنه من الأفضل أن تتخفى عن القناص داخل الرمل، وتضع نفسها بشكل مفلطح داخل الرمل، فتصبح سمكًا مفلطحًا. المشكلة بالنسبة لها أن لها عينًا ناحية الرمل. نلاحظ هجرة هذه العين التى تأتى لتلحق بالأخرى. ويوجد بالتوازى إعادة تنظيم لدنة لكل التوصيلات وللتشريح المرتبط بهذا الانعكاس والمؤمن بتغيرات محاور الأعصاب وكذلك العصبونات التى تربط القنوات نصف الدائرية بالعين. توجد لدونة وظيفية ملفتة، كما نرى أيضا لدى الإنسان مثلا بعد الصدوع المخية أو بعد العمليات. وهذا يعتبر نموذجًا جميلاً لهذه المرونة التى لدى المخ، وهذه اللدونة مختلفة عن الأفكار التى كانت سائدة منذ سنوات قليلة عن الطبيعة التى لا تتبدل للتشريح العصبونى.

ولكن دراسة هذه الوظائف مركبة، وتتطلب تعاون كل من البيولوجيين وعلماء الرياضيات. وليس من البديهى القيام بالتوافق بين الثلاث قنوات نصف الدائرية الموجود فى ثلاثة أسطح، والتى تقيس الدورانات بواسطة ست عضلات للعين والعضلات الثلاثين للرأس أو المائة عضلة للجسم، مما يجعلنى أثبت نظرتى حتى وأنا أتحرك. يدرس علماء الرياضيات بفضل نماذج هندسية التحولات التى تسمح لهذه المعلومات الحسية للحركة أن تقدم من قبل الماسكات الدهليزية وأن تحوَّل بأمر حركى سوف يقود مثلا عضلات الرقبة.

ولدينا مجموعة ثانية من الماسكات فى الأذن الداخلية *الحصيية الأذنية otolithes* وهذه الماسكات موجودة أيضا فى تجويف فى الأذن الداخلية المملوء بنفس السائل السميك للغدد اللمفاوية. فى هذا التجويف يوجد قطع بللور معلق، ومربوط بأساس الأهداب الحسية. حينما ننتقل توجد حركة صغيرة (ناتجة عن قوى

القصور الذاتى) بين هذه البللورات التى تكون ثابتة خلال التنقلات الرأسية أو الأفقية أو التى على القاعدة. هذا التغير الصغير الذى كشفت عنه هذه الخلايا هو أصل إدراكنا للتنقل. وسرعات الحركة التى تقيسها الماسكات صغيرة جدا: بضعة أعشار من السنتمترات من الثانية فى ثانية.

هذا الماسك يقيس النقلات والتعجيل الخطّى، ولكنه يقيس أيضا الجاذبية الأرضية وهى مقياس فيزيقى كبير يعتبر سرعة خاصة. وقد بين أينشتاين Einstein أن الجاذبية، التى تعطيها الجاذبية الأرضية هى شكل خاص من التعجيل. وهذا الماسك قادر أيضا على قياس مكون الجاذبية فى السطح الماسك. إذا أحنيت رأسى، فإن الجاذبية تظل ثابتة فى الفراغ؛ فسوف تمارس بالتالى قوة على البللورات الموجودة فى ماسك الحصّية الأذنية وهذه القوة مكافئة لعملية تعجيل. وإذا ما نقلت رأسى فى الاتجاه الآخر، فسوف يكون هناك أيضا تنبيه. هذا الماسك هو أيضا مقياس للانحناء. وهو مسئول عن جانب أكبر من قدرتنا على إدراك اتجاه جسمنا فى الفراغ بشكل سكونى.

ولكن هذه المعلومات غامضة: قديمًا عندما كان يقلع الطيارون فى الضباب كان يمكنهم أن يفسروا انحناء الطائرة المقلعة على أنها تعجيل، ويكوِّنون بذلك معلومة مغلوطة: وكان غالبًا ما تحدث حوادث ناجمة عن هذا الغموض. هذه الماسكات تعمل بالتالى مع النظر لرفع هذا الغموض. الإدراك متعدد الأنماط، إنه يفترض تعاون الماسكات التى تساهم كل منها بهندستها وديناميكيتها فى إعطاء هيئة لإدراك الحركة.

ونحن نعرف أيضا أن عجز هذه الماسكات الدهليزية تؤدى لعدد كبير من الأمراض، مثل *الدوار*. لدى بعض الأشخاص عدم تماثل فى وضعية هذه الماسكات، ولديهم اضطرابات فى أوضاع الجسم واضطرابات فى العينين فى آن واحد، ولكن أيضا اضطرابات فى الإدراك. كل «التخطيط الجسمى» أى التمثل الذى لدى مخّنا عن تشريح وتنظيم جسمنا، يتغير عندما لا يعمل هذا الماسك الصغير أو يكون غير متماثل. وهو فى الأساس جزء كبير من وضوح العلاقات بين الجسم والفراغ.

هذه الماسكات الدهليزية مهمة أيضا لإتاحة استقرار النظرة؛ بالإضافة لمنعكس التحكم فى وضع العين والمنعكس الدهليزى - المحجرى فإن هذه الماسكات تنظم وتثبت وضع الجسم أثناء أداء الحركات، وتساعد على الاحتفاظ بالاتزان، ومن هنا جاء اسم أعضاء الاتزان الذى أعطى لها فى التراث العلمى القديم.

لقد نما المخ بالفعل حتى يمكنه أن يجرى، يمسك الكرة، ويتذكر الطرق، ويخطط الأفعال ويتوقع نوايا الآخرين ويستفيد من الخبرة ويقيّم الخطر، إلخ. هذه القدرات تستلزم أن يكون البصر الذى يمسك بمعطيات العالم حولنا يمكن أن يعمل حتى بينما نحن نقوم بأداء حركات معقدة فى الفضاء.

جسم شخص ينزل السلم له حركات معقدة، ولكن رأسه لها هيئة مثبتة فى اتجاه ما تقوده النظرة. العدّاء الذى لديه حركات شديدة التعقيد له أثناء الجرى رأس مثبته فى الفراغ مثل النعامة التى تجرى فى السهب. هذا التثبيت يمكن أن يدرس الآن بطرق حديثة، وذلك باستخدام آلات تصوير رقمية مرتبطة بحاسوب تتيح لأول مرة دراسة حركة الجسم بكل تركيبها، مع قياس خواص السرعة لعدد كبير من النقط. وآلات التصوير تتيح قياس حركات مسجل النقط الذى يوضع فى نقط مختلفة من الجسم وربط هذه القياسات بقياسات للنشاط العضلى، أو حتى لنشاط حركات العين. ومن الممكن دراسة هذه العلاقات بين الجسم والفراغ، خاصة هذا التثبيت للرأس. حينما أمشى أثبت نظرى فى مكان ما والرأس مثبته. الحركة والجرى والقفز منظمون ليس من القدمين حتى الرأس ولكن ابتداء من الرأس حتى القدمين. تستخدم الرأس فى كل الحيوانات كمركز للقصور الذاتى للقيادة المثبت فى الفضاء، والذى بدءًا منه تتآزر حركة الجسم. هذه الخاصية تظهر خلال السنة الأولى حينما تنمى قدرة ترسيخ الحركات بدءًا من الرأس هذا الأساس المثبت. السالتو salto وجه يستخدمه الرياضيون على الترانبولين الذى يقتضى القفز وعمل رجوع، يوجد خلاله مرحلة ارتفاع ثم لف بمنتهى السرعة ثم وقوع: أثناء الالتفاف، الرأس لا تكون مثبتة، إنها تلف؛ ولكن أثناء الارتفاع والوقوع فإن الرأس تكون

مثبته جيدًا جدا فى الفضاء مما يتيح للمخ استخدام معلومات النظر والماسكات الدهليزية وبناء وضوح لعملية إدراك الحركة، والتحكم فى حركات الجسم.

يجب أن ننوه إلى الطبيعة غير المستمرة للإدراك. نحن نلتقط معلومات عن العالم بطريقة متقطعة، وخلال حركة ما يمكن أن نقلب من ماسك حسى إلى آخر أو نمزج الماسكات الحسية التى نستخدمها بطرق متباينة. يخطط المخ تتابعًا للحركات ولكن فى نفس الوقت يخطط تشكلات للماسكات الحسية التى تكون مفيدة.

يمكن أيضا أن يتوقع المخ الرسائل التى يجب أن تعطيها له الماسكات إذا كانت الحركة مؤداة بطريقة صحيحة. المخ متوقع ومحاكى ومسابق.

يمكن للمخ خلال ارتفاع السالتو salto أن يستخدم معلومات النظر من ماسكات الجسم والمعلومات الدهليزية، ولكن أثناء الدوران، إنه غير وارد استخدام النظر: تتابع الصور على الشبكية سريع جدا؛ ويحدث بسرعة عدة مئات من الدرجات فى ثوان. وتوجد ثلاث مراحل: مرحلة ارتفاع سوف يقوم المخ خلالها بالتقييم لحركة ما، وتشغيل معلومات الماسكات لهذه الحركة؛ ثم فجأة فى نفس الوقت الذى ينطلق فيه الدوران، فإن المخ سوف يختار ويقطع البصر، الذى لم يعد يفيد بشىء، وسوف يقلب على معلومات أخرى مثل المعلومة الدهليزية مثلا. ثم، حينما يُعِد السقوط فإن المخ سوف يعيد تنشيط وفتح، واختيار النظر ليتيح الاصطدام. إن إدراك الحركة ليس فقط تعاونًا بين الحواس المختلفة، ولكنه أيضا اختيار. تبعًا للحركة المنوطة بها هذه الحواس وتبعًا للمرحلة من الحركة فإن الماسكات لن تكون هى نفسها. يمتلك المخ هذه القدرة على اختيار الماسكات الحسية، من لحظة لأخرى، التى سوف يختبرها تبعًا لتوقعاته لكى يعرف إذا ما كانت الأمور سوف تمضى مثلما يجب أن تمضى.

لدينا حاليًا إمكانيات دراسة هذه الآليات بفضل تكنولوجيات معقدة، مثل الإنسان الآلى المتحرك الذى يستخدم لدراسة الدورانات والنقلات ومزج قياس الدورانات والنقلات مع البصر. فى معملنا فى الكُوليج دى فرانس إنسان آلى

متحرك يتحكم فيه الحاسوب يمكن أن ينتقل بطريقة سلبية عن طريق المجـــرب، أو قد يطلب من المفحوص الذى فرضنا عليه التنقل أن يكرر هذا التنقل. مــن المكــن هنا أن ندرس ليس فقط إدراك الحركة ولكــن أيــضا *ذاكـــرة الحركـــة* وذاكـــرة المسارات.

اللدونة

يمكن الآن بفضل الواقع الافتراضى أن نعطى لهؤلاء الأشخاص الذين نقوم بنقلهم فوق الإنسان الآلى مشاهد بصرية، وبالتالى الربط بين تـــنقلهم فـــى العـــالم الافتراضى وتنقل جسمهم فى العالم الحقيقي. وهذا يسمح مثلاً بدراسة قدرة المـــخ على الصراعات. حتى الآن، قلت لكم إن المخ يستخدم معلومات الماسكات الحسية بجعلها تتعاون. ولكن ماذا يحدث عندما يحدث صراع؟ حينما أضع مثلاً نظـــارات تكبر ١,٣ مرة، وأن هذه الآليات، التى تم تطويرها منذ بضع ملايين ســـنة والتـــى تضبط الرؤية مع الماسكات الدهليزية أو الماسكات العضلية، تم تضليلها فجـــأة، إذ بينما أتنقل فى العالم بنسبة ٣٠° فإن الرؤية تقول لى إننى أتنقل بنسبة ٤٠° لأننـــى أضع نظارات تكبر. يمكننا بفضل الحقيقة الافتراضية أن نفصل ما بين المعلومات البصرية والمعلومات الدهليزية، وقد وضحنا حديثًا مثلاً أن هناك فرقًا صغيرًا بـــين الرجال والنساء فى قدرتهم على إعادة المعايرة لإدراكهم فى حالة الصراع.

إذا وضعنا المفحوصين على الإنسان الآلى وقمنا بتدوير جسمهم فى الفضاء ٩٠°، ولكن فى العالم الافتراضى جعلناهم يدورون ١٤٠° أو ١٥٠° لمـــدة ثلاثـــة أرباع ساعة، وإذا كنا قد قسمنا مسبقًا الإدراك الدهليزى للـــدورانات مـــع ســـؤال الأشخاص كل مرة عن القدر الذى داروا به فى رأيهـــم فـــإنهم يـــردون بامتيـــاز بمساعدة المؤشر. ولكن بعد ٤٥ دقيقة من الصراع البصرى – الدهليزى، عنـــدما نطلب من جديد من الأشخاص تقييم إدراكهم الـــدهليزى، فـــسنجد إعـــادة معـــايرة للإدراك الدهليزى، مختلفة لدى الرجل ولدى المرأة.

يمكن أيضا أن ندرس لدونة تنظيم كل هذه المنعكسات. نستطيع الآن بفضل الطرق العصبية الفسيولوجية، النظر إلى العصبونات التى تمزج المعلومات البصرية والمعلومات الدهليزية وتحديد مكان تشغيل هذه اللدونة. وإعادة الترتيبات اللدنة هذه في حالة الصراع تعمل على إدخال - فى آن واحد - آليات عصبونية دقيقة جدا تنتُج داخل مستوى بعض المشتبكات synapses فى المخيخ وحيث الصدع فيها يمنعنا من التكيّف، ولكن أيضا المخ قادر أمام صدع أو صراع أن ينتج حلولاً جديدة وقادر على اختراع حركات وتعويض المنعكسات.

يوجد إذن تنظيم تراتبى فى معالجة المعلومات الحسية، يسمح للمخ فى حالة الصراع، أن يحل فى آن واحد المشاكل الموضعية ولكن أيضا بطريقة شاملة.

المعلومات الدهليزية، أو معلومات الحركة فى الفراغ لا تعالج فقط موضعيا: إنها ترسَل إلى اللحاء المخى cortex cerebral. استثارة غير سوية لهذا البناء تعطى أوهام الخروج من الجسد لدى المرضى الصرعيين. الأمر عبارة عن مركز فى غاية الأهمية لتأمين وضوح إدراكنا. إن معلومات الحواس تُنقَل للمخ بالفعل عن طريق بناءات مثل تلك، حيث تُخلط وتُمزج، حتى يمكننا ألا يكون لدينا سوى انطباع واحد، لحركة جسمنا فى الفراغ، والصدوع فى مناطق مختلفة من المخ تثير هذه الأوهام بتفكك أجزاء الجسم أو «وهم الخروج من الجسم».

هذه المعلومات عن حركة الجسم فى الفراغ لا تذهب فقط فى البناءات اللحائية المتضمنة فى الإدراك وفى وعينا بجسمنا. فهذه المعلومات الدهليزية والبصرية والإدراكية عن الذات مثلا تذهب لمكان من اللحاء يسمى اللحاء الجانبى. وصدع اللحاء الجانبى الأيمن يعطى زملة مرضية: «زملة الإهمال المكانى»؛ والأشخاص الذين لديهم هذا الصدع لن يقوموا برسم سوى نصف الشىء ولن يأكلوا سوى نصف طبق التوت ولن يلبسوا سوى نصف جسمهم. يوجد هنا بناء سوف يدير معلومات العلاقات بين الجسم والفراغ. والإهمال المكانى يمكن أيضا أن يلاحظ، مع أعراض مختلفة لدى الأشخاص المصابين بصدوع جبهية.

هذه المعلومات تذهب بعيدًا فى المخ: إنها تصل حتى «تكوين قرن آمـون» الموجود فى قاع المخ والمهم جدا لذاكرة الفضاء. يمكنك أن تحدد مسارًا بطريقتين: بخريطة، باستحضار صورة هذه الخريطة، مثلما نقوم بالترتيب للإجازة: من الممكن أن تحل هذه المشكلة بمجرد تذكر صورة. هـذا التـذكر ينير المنـاطق البصرية التى تعالج هذه الصورة. من الممكن أن تحدد المسار أيضا بـأن تتـذكر حركات جسمك: أنت عبرت البوابة، ثم ملت نحو اليمين: أنت جمعت هذه الـتنقلات والدورانات مع علامات بصرية؛ وتعرفت على شخص أو درابزين،... إلخ. هـذه الذاكرة الخاصة بالتنقلات وبالمسارات يستلزم أن يتم مزج لـيس فقـط معلومـات الحركات المعطاة من الحواس وإنما أيضا مهديات وضوضاء وأحداث أخـرى أو حتى فعل ما قد تكون أنت من قمت به. هذا البناء قرن آمـون، الموضـوع جيـدًا داخل المخ، يعالج هذا النوع من المعلومات، يتلقى المعلومات ابتداء مـن اللحـاء وابتداء من كل الحواس ومن بناءات المخ التى تعالج المعلومات الحسية.

وقرن آمون الموجود على المستوى التراتبى الأكثر ارتفاعًا فى معالجة هذه المعلومات الحسية له خواص الذاكرة. مثلا لو عبرت من شـارع سـان مارتـان وداست على قدمك دراجة، فى اليوم التالى، فى لحظة عبور شارع سـان مارتـان ستستدعى ذكرى هذه الحادثة التى حدثت بالأمس. صـدوع قـرن آمـون يجلـب اضطرابات ذاكرة الفراغ، واضطرابات الإبحار.

نستطيع اليوم دراسة طريقة عمل هذا البناء بفضل تسجيل النـشاط المخـى بطرق تستخدم آلات التصوير التى تقوم بإصدار بوزيتون أو IRM الـوظيفى، أو بتسجيل العصبونات فى مخ الحيوانات. هذه العصبونات تـشفر متغيـرات مهمـة لذاكرة الحركة والأماكن مثلا. يمكن إذن إعادة بناء نشاط كل العصبونات واكتشاف أن فى قرن آمون عصبونات تشفر الأماكن. فى الليل حينما تبحث فى العتمة عـن مفتاح النور فى حجرتك وأنت تعلم تمامًا أين أنت فى كل لحظة فى الحجرة، هـذا يرجع غالبًا إلى ميكانيزمات تجد مصدرها فى عمل هذه البناءات.

هناك تشفير آخر تنبأ به داروين Darwin: مجموعة أخرى من العصبونات تشفر *الاتجاه* وسوف تشحن فقط عندما أتجه فى اتجاه معين أيا ما كانت المنطقة التى أكون فيها. إنها بوصله حقيقية مجمعة.

المخ يعيد البناء بالتالى بدءًا من معلومات الحواس وانطلاقًا من تعاونها بعد حل صراعات متغيرات أساسية تسمح بالإبحار فى الفضاء مثل *الدوران والاتجاه والمسافة والمكان*. توجد عملية عقلية حقيقية لتبسيط تمثل الفضاء. تسمح لنا بالإبحار والجرى والفوز فى لعبة الراجبى،... إلخ.

هناك أخيرًا وظيفة أساسية: حركة النظرة. قبل أن يتمكن من التنزه فى العالم بسيقانه يتنزه الطفل بنظرته. النظرة توفر علينا الذهاب إلى مكان ما وأن نخطئ؛ إنها شكل أساسى من أشكال إبحارنا فى الفضاء. يمكننا أن نقيس انتقالات نظرتنا بأنظمة مثل الرسام الكهربائى لحركة العين، وهى أنظمة تستخدم المجالات المغناطيسية والحاسوبات. عندما ترى مشهدًا بصريًّا فإن نظرتك تقفز من نقطة لأخرى. إننا لا ننزلق بالنظرة إراديًّا. إنك لن تجعل نظرتك تنزلق إلا إذا نقلت مرمى أمامك: سوف تقوم بعمل حركة مستمرة، «المتابعة البصرية» التى نشأت متأخرًا لدى الإنسان والقرود العليا. لقد حقق رواد كبار مثل فرييه Ferrier وبنفيلد Penfield تجارب سمحت بتموضع فى المخ لبناءات مهمة للتحكم فى النظرة. ونحن نعرف منذ ذلك الوقت أن النظرة يتم التحكم فيها بطريقين مهمين.

الطريق الأول ينقل المعلومات على النور عبر تيار يمر فوق الجذع المخى الذى يسمى الحصيّة العليا colliculus؛ هذا البناء موجود لدى كل الحيوانات التى تتحرك، وهو يسمح بحركات التوجه والإمساك، عندما تظهر فريسة، أى هدف نراه بطرف أعيننا، ويجعلنا نتحرك بسرعة كبيرة جدا. أنه بفضل هذا التيار القصير يمكن للنظرة أن تتجه نحو هدف. يوجد طريق ثان كبير وأكثر تركيبًا، تطور خلال النوع، لدى الإنسان والحيوان، يبدأ من اللحاء البصرى متجهًا نحو اللحاء الجدارى، حيث تختلط المعلومات البصرية مع معلومات الجسم، ثم يتجه نحو اللحاء الجبهى،

أساسًا. وإنه بفضل تطور هذه البناءات يمكننا أن نقرر نحو ماذا ننظر. حينما تنظم نظرتك على هذه الصورة الشفافة فإنك تقوم بهذا تبعًا للأفكار والذاكرة والفضول، ولكنه بفضل هذا البناء الجبهى وقبل الجبهى يمكن أن ننظم النظرة ونتوقع بشكل ما أين سوف ننظر تبعًا لأهدافنا وأفعالنا.

فيما يتعلق بالطريق اللحائى corticale، أتاح التصوير المخى للإنسان منذ بضع سنوات، التحديد بدرجة تأكد كبيرة للبناءات المسئولة عن حركات العيون. ونحن نعرف على سبيل المثال أنه إذا طلب منك أن تغمض عينيك وأن تحرك عينيك من اليسار إلى اليمين فإنك سوف تنشط ثلاث مناطق أساسية في اللحاء: منطقة موجودة فى اللحاء الجبهى ومنطقة موجودة فى لحاء منتصف الظهر ومنطقة ثالثة موجودة فى بناء مسمى «اللحاء السنجولارى» cortex cingulaire. وحينما نقوم فقط *بتخيل* حركة، تنشط نفس البناءات التى تنشط حينما نقوم *بتنفيذ* هذه الحركة. المخ محاكى للأفعال. التفكير فى فعل ما هو فى الواقع تحريك نفس الآليات أو جزء من نفس الآليات التى تستخدم حينما نؤدى الفعل. ونحن نعرف أنه من الممكن بفضل وجود تراتبية عملية كف فى المخ يصبح ممكنًا إغلاق محكم لإمكانية تنفيذ هذه الحركات.

النموذج الداخلى والتوقع

يستخدم المخ معلومات الماسكات الحسية لبناء معنى *الحركة* الذى هو – إذن – خليط من المعلومات الحسية المختلفة. والمخ أيضا متنبئ، لنأخذ مثال الإمساك بكرة، كيف يمكن لبارتيس Barthès توقيف الكرات ؟ لقد حققنا تجربة، نابعة من بعض التجارب التى قام بها زملاؤنا فى إيطاليا، وقد أظهرت أننا إذا ألقينا الكرة لشخص ما فإنه لكى يمسك بها بيده فإن المخ لا ينتظر إلى أن يلمس الشيء يده لكى يتم الانقباض؛ المخ لا ينتظر أبدًا أن يتم تنشيط الحواس لكى ينتج هو شيئًا. قبل ٣٠٠ مللى ثانية من لمس الكرة لليد ينتج المخ تقلصًا للعضلات يجعل الكرة لا

تقع. وهذا التقلص ليس ممكنًا إلا بفضل وجود *نماذج داخلية* لأثر الجاذبية الأرضية على الأشياء. لن يكون معقولاً فى الواقع أن نتصور أن المخ يمكنه أن ينتج، أيا ما كان الشيء، القوة المطلوبة تمامًا إذا لم يكن فى نفس وقت رؤيته للشيء، لا يبنى تقديرًا وتوقعًا للقوة التى سوف تمارس. نحن نظن حاليًا أن بالمخ نماذج داخلية لقوانين الميكانيكا تسمح له أن يستبق على أساس هذه القوانين.

لقد قمنا فى العام الماضى بتنفيذ تجربة فى المكوك الفضائى الأمريكى، قمنا خلالها بإلقاء كرات لرواد الفضاء، فى الفضاء الذى لا يوجد به جاذبية أرضية.

الحركات لم تعد تتصارع ونحن نخدع هذه النماذج الداخلية. يوجد تغير للنشاط العضلى يجعلنا نظن أن المخ يستخدم هذه النماذج.

فهم آليات التوقع فى المخ مسئولية كبيرة للعلماء مثلنا. فى الواقع حينما ننظر إلى وجه ما أو شكل ما فإننا لا نكتفى بتحليله والنظر إليه ولكننا نعكس على هذا الوجه أفكارًا جاهزة وذكريات، ولكن خاصية التوقع هذه، التى تعتبر أعجب خواص المخ، من الممكن أن يستخدمها المتلاعبون بالإدراك، الذين يمكنهم إدخال صور جاهزة عن الآخر فى المخ، قد تثير الحقد والكاريكاتير بدلاً من إعطاء إدراك متسامح.

المراجع:

- BERTHOZ (A.), *Le Sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997.

ضغط عصبى، تكيف، وتطور(١١)

بقلم: رولان جوفان
Roland JOUVENT

ترجمة: راوية صادق

أود أن أحدثكم عن فكرة العنوان "ضغط عصبى، تكيف، وتطور". المقصود أن ما نلاحظه كخلل نفسى – مرضى Psychopathologie هو المحصلة لتفاعل خاص بين خصائص أحد الأفراد والبيئة الموجود فيها، أو لحادث غريب صاحبه اتباع توجيهات معينة بدلا من أخرى. ليس المقصود إذن توسيم نهائى، فطرى أو مكتسب داخل منظور بنيوى، يجعل المرض شيئًا ثابتًا، غير متغيّر لدى امرئ معين، قد تنتج جملة سلوكياته من هوية مرضية.

إن علم النفس المرضى للسلوكيات هو الخط المستمر من الطبيعى إلى المرضى والمستمر أيضا طوال الحياة، بين ما استطاع أحد الأفراد اكتسابه فى فترة مبكرة للغاية، والطريقة التى يثرى بها الوسط من قدراته الأولية أو، على النقيض، يؤدى إلى تصارع إرثه الحيوى.

تمكننا أربعة أمثلة متتالية من أن نرى كيف قدمت لنا الثورة الحديثة للمعارف، مثل مجمل علوم الأعصاب neuroscience فى آن، أدوات ونظريات جديدة لفهم أفضل لاضطرابات النمو والاضطرابات النفس – مرضية على نحو عام.

ظهر علم النفس الحيوى psychobiologie فى الستينيات، خلال عودة جاك جلوينسكى **Jacques Glowinski** من الولايات المتحدة، حيث بيّن مع جائزة نوبل أكسيلور **Nobel Axelord**، آلية عمل مضادات الاكتئاب. فى هذه الفترة، تمثلت

---

(١١)نص المحاضرة رقم ٣٩ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٨ فبراير ٢٠٠٠.

طريقة دراسة بيولوجيا خلايا أعصاب السلوكيات فى الدخول فى علاقة مباشرة مع إحدى طرق التعبير الخاصة بسلوك ما لدى الحيوان على نحو خاص، سواء كـان مصابًا بخلل، أو تحت تأثير أحد العقاقير على المستوى الدماغى. منذ ذلك الحـين، ظهر ما نسميه علوم الأعصاب الإدراكية المتصلة بثلاثة مـستويات لا مـستويين فحسب. فباختراق ما أطلق عليه اسم المستوى الإدراكى، مستوى المادة المفكـرة، أصبح من الممكن ربط فعل خلوى على مستوى عَصبى، وفعل نفـسى وتعبيريـة سلوكية.

أمكن، إلى حد ما، تخطى الخلافات الثنائية الـسابقة التـى أحالـت تفـسير اضطرابات السلوك أو الاضطرابات الذهنية إلى المستوى الـدماغى أو المـستوى الروحى. هناك إجماع على الاعتراف بأن الاضطرابات النفس - مرضى تعود إلى عناصر متعددة. يمكننا دراسة الطريقة التى يفكر بها ذهـن مـا، دون أن نقلـص إطلاقًا التعبيرية النفسية أو السلوكية لأحد الأفراد فى سبب دمـاغى، بحجـة أننـا ندرس توالد طرقه فى التفكير. أن نصف، فى نموذج يشبه تشغيل الكمبيوتر، إحدى طرق الحصول على إحدى الأفكار أو النوايا، أو تخطيط أحد المشروعات، ربـط هذا التخطيط الخاص بأحد المشروعات بقدرات تخص الخلايا العـصبية ودراسـة الخروج السلوكى لهذا المشروع، لا يأتى من تناول يخص أسباب المـرض؛ فهـذا التناول لا يطمح إلى اختزال تفسير السلوكيات الإنسانية بعلم النفس الحيوى وحده.

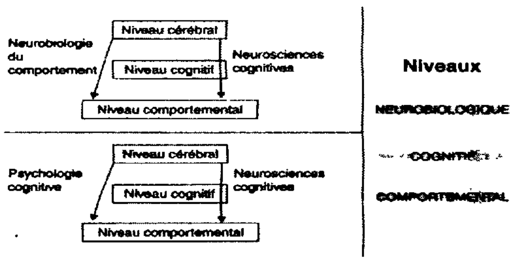


Figure 1 - Niveaux d'observation et niveaux théoriques (d'après Thibergien et Jeannerod).

شكل (١)

مستويات الملاحظة ومستويات نظرية

(وفقا لتيبرجيان و جانيرو)

لدينا، إذن ثلاثة مستويات من الملاحظة: مستوى يتعلق بالخلايــا العــصبية الحيوية، ومستوى يسمى إدراكى ومستوى سلوكى. وبالانضمام على هــذا النحــو بمؤلفى بداية القرن، يمكننا الاهتمام بالطريقة التى يستخدم بها المرء وحده جهــازه الحيوى والجسدى ليحفز نفسه، وليستخدم مصادر منبهة من البيئة، وليرشح فى قلب هذه البيئة المصادر الكافية وغير المهمة للغاية فى آن، لتصبح إدارتها ممكنة.



شكل (٢)

يسارًا: العلاقات القشرية- تحت قشرية.

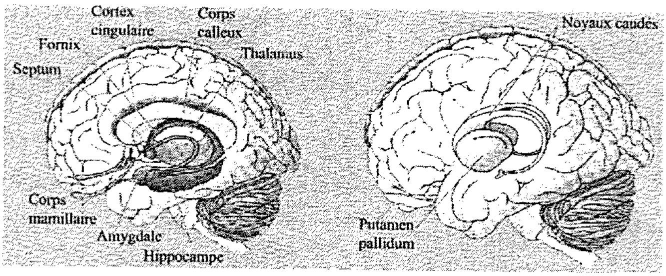
يمينًا: السلسلة الخاصة بالإدراك-الحافزى.

ينجم الضغط العصبى من الأهمية القصوى للملهيات، بالنسبة للشخص الذى يفيض جهاز الترشيح الحسى والنفسى لديه بالبيئة التى تحيط به.

يتكون دماغ الإنسان من جزء قديم للغاية، بيّنه ماكلين على نحو جيد، إنــه الحيوان فينا، الذى يحتوى فى آن على النظــام الحــوفى Limbique أى الجهــاز الانفعالى، والنويات الرمادية المركزية، أى محطـــة الفـــرز وتنظـــيم الـــسلوكيات المحرّكة المعقدة، وفوقها كورتكس cortex، ينمو مع تتبع تكوّن الأنسال والتطور. ويوجد، مسبقا، فيما نسميه الجهاز تحت القشرى sous-cortical، كل التجهيـــزات فى مادة المراكز المحرّكة والشبكات كى نجرب أحد الانفعالات وامتلاك تعبيريـــة انفعالية. وهكذا، فإن ضربة قائمة الحصان لغة انفعالية.

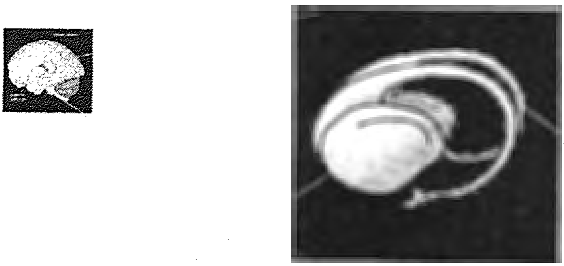
ما يحدث فى الإنسان، بالنسبة للحصان، هو أنه يفكر، على نحو مـــا، فيمـــا يفعله، سواء "لاحقًا" أو "مسبقًا" أو على نحو متزامن. فما يختبره علـــى المـــستوى الانفعالى يحتاج باستمرار للضبط بالنسبة لسلوكياته تحت- القشرية. يمكننـــا رســـم

تاريخ التطور، فيما وراء تاريخ النمو، باستعادة أفكار مـــاكلين **MacLean**، كـــى نقول إن تاريخ الإنسانية هو إحلال تدريجى لأفعال محرّكة، وسلوكيات اجتماعيـــة، بتمثلات ذهنية. ولهذا فائدة اجتماعية واضحة مادُمت إذا كنت، على سبيل المثـــال، غاضبًا خلال ازدحام المرور من سائق عربة أخرى، أرى أن سبه يغنينـــى عـــن الاعتداء عليه جسديا. بينما يجد الجرذ صعوبة أكبر فى عمل من هذا القبيل.



شكل (٣)

النظام الحوفى



شكل (٤)

TOC والنوايات الرمادية

استحوازات مركّبة عادات محركة

نلمس هنا مقدرة، وخاصية مميزة للكورتكس الإنسانى التى هى فضيلة كابتة تحت قشرية. إن تطوير الكورتكس هو إذن اكتساب المقدرة، الإضافية، لكبت ردود

فعل حيوانية، تحت- قشرية، تخص المهاد- البصرى thalamique، أى ردود فعل على نمط تولد فيه الحسية فورًا إجابة سلوكية أو انفعالية. لا يقال أبدًا إنه فى كل مرة، كل فرد، كل طفل صغير يأتى للعالم يملك، دفعة واحدة، الأجهزة، أو الآثار أو الهاديات أو المرشدات الكافية، أو المرشدات المتوافقة مع البيئة، لاختيار استراتيجيات للإدارة، للكبت، لتمييز ما هو حكيم بالنسبة لمنشطات البيئة. نرى جيدًا الآن إلى أى حد يكون نكوص بعض السلوكيات الخطرة، أو المخاطرة، لدى المراهقين، على سبيل المثال، هى تعبيرية بدون لغة مجازية، بدون تمثيل ذهنى، المقصود هنا بحث عن المنبهات من خلال السلوك نفسه.

هذا الحوار كورتكس/ تحت- كورتكس، الذى توافُق الحلقات فيه هو أحد شروط الانضباط الذاتى الفيزيائى والعاطفى لدى الكائن البشرى، يتضمن اختلالا زمنيا. لا يستطيع المرء عمل شىء كبير والتفكير فيه فى آن. فعندما نمارس التزلج بسرعة شديدة، لا نقول، فى نفس الوقت، "أشعر بلذة شديدة فى التزلج". نقول لأنفسنا بعد ذلك بثانية " شعرت بلذة فى التزلج"، أو خلال لحظة قبلها نتوقع اللذة التى سنحصل عليه. وهكذا، فإن كل المواقف الخاصة بالمتعة الحادة تتضمن العجز عن الكلام عنها، وصياغة الأحاسيس التى نجربها لحظة ظهورها فى كلمات.

ينبع كل تاريخ الطفل الذى سيتطور من هذه المشكلة، أى إدارة الزمنية وتخزين تجارب فى ذاكرته تمكنه - فيما بعد فى مواقف مماثلة تذكّره على نحو إيجابى أو سلبى، ببيئة حسية، بمضمون خاص - من استخدام ذاكرته لإعادة قراءة ما جربه أو كى يتوقع ما هو قادر على البحث عنه.

مثال أول: صراع حسى وحصر نفسى

لاحظ كثير من الكتاب أنه لدى الأفراد القلقين، سواء كانوا مرضى أو أفراد عاديين بملامح قلقة، كان هناك مجموعة من الأعراض الحسية يستدعى أغلبها ما

نسميه الصراع الحسى. فعندما نكون فى قمة برج إفيل، تقول لنا العينان، اللتان تنظران إلى خط الأفق، إننا فى حالة ثبات، بينما مستقبلاتنا فى عضلتى الساقين الخلفيتين، اللذين، هما، يشعران بالتحرك الطفيف للجزء العلوى من برج إفيل، يقولان لنا إننا نتحرك. عندئذ، لا تصبح واقعة ضرورة إدارة الصراع بين نمطين من المعلومات المتعارضة التى تصل إلى الدماغ أحد الأسباب أو إحدى الآليات، وإنما أحد الأشياء التى تؤلف ما يحدث فى الرأس. ينبغى اختيار المعلومة الأكثر حكمة وينبغى، على نحو خاص، إضفاء معنى على أحاسيس تقول لنا الأحاسيس الأخرى إنها خاطئة.

هذه القدرة على إدارة شروط متناقضة للبيئة، على صعيد حسى هى التى تؤدى غالبًا إلى أن يساعدنا دماغنا، عمومًا، على التوافق مع أوضاع بيئية وحسية متنوعة للغاية. والقلقون، على النقيض، فقدوا هذه القدرة، إلى حد ما والمرجح أنهم، فى أنماط معينة من التجارب، يبينون هذا البعد الخاص بالتحت - القشرى، التحت - لغوى للقلق.

يتمثل عمل مجموعة جورج شابوييه **Georges Chapouthier** فى بيان كيف أن الجرذان قادرة على إدارة التوازن، من خلال جهازها البصرى- الدهليزى، واجتياز عارضة ثابتة أو متعاقبة. تستخدم الجرذان ذيولها كميزان للتوازن. نستخدم نوعين من الجرذان، واحدة معروفة بالقلق، فى اختبارات القلق، والأخرى لا. يؤدى تعاقب العارضة إلى تقوقع الجرذ القلق نحو العارضة وفقدان للقدرة على استخدام الذيل للتوازن. عندئذ، يزداد عدد السقطات بين الجرذان القلقة على نحو ملحوظ. والحق أن منح هذه الجرذان القلقة أحد مضادات القلق، مثل الـ"ديازيبام"، يكفى لاستعادة قدرات التوازن. إنها تقترب من العارضة بلا قدرة على أن تجوبها جيدًا إذا ما كانت فى تعاقب.

حاولنا، مع إيزابيل فيو - ديلمون **Isabelle Viaud-Delmon**، بالتعاون مع آلان بيرتوز **Alain Berthoz**، إعادة إنتاج هذا العمل لدى الإنسان، ولدى الإنسان الذى يتمتع بصحة جيدة وسمات قلقة. نشأ صراع حسى عند وضع أحد الأفراد

على مقعد مريح دوار مع الخوذة الخاصة بالواقع الافتراضى على العينين، ليخضع لصراع حسى دون أن يدرى. عثرنا على خصائص تميز القلق، مع أول علم نفس تفاضلى، بين عامى ١٩٤٠- ١٩٥٠، تحت تأثير الأوروبيين ولا سيما فى فرنسا مع موريس روشلان **Maurice Reuchlin**، تمثّل فى وصف خصائص أفراد. لم يستوح علماء نفس هذه الفترة بيولوجيا الأعصاب، وإنما بحثوا عن أكثر الشروط طبيعية ومعيارية، فكانت السمات التى ميزوها بصفات خاصة هى سمات فى حالة راحة معيارية للغاية. يتضح أنه فى واقع الأمر، لاسيما إذا أردنا دراسة القابلية للجروحية سواء بالنسبة لاضطرابات النمو أو لعلم النفس المرضى فمن الأفضل اختبار ظهور سمات مناسبة بدلا من وجود سمات تلقائية. بعبارة أخرى، فحقيقة أننا منغلقين أو منبسطين فى مضمون محايد ليست، فى الختام مثمرة كثيرًا من أجل فهم أو توقع أحد السلوكيات، أو العجز عن التكيف. وبالمقابل، يبدو أن إظهار مهارة أو عدم مهارة معينة فى وضع خاص أكثر إثارة للاهتمام، مثل أن نجعل أحد الأشخاص يستمع لضجيج مستمر، أو نضعه فى ظرف صراع حسى مثلما رأينا من قبل. سمينا هذا الأمر سمة وظيفية.

مثال ثان: الأفراد الـ "أنيدونيين" anhedonique

إن الأفراد الأنيدونيين الطبيعيين يتميزون بصعوبة الشعور باللذة، فى مواقف ممتعة عادة. لقد بيننا فى معملنا أن هؤلاء الأشخاص الأنيدونيين يكشفون عن خلل إدراكى فقط فى مواقف تكون المهمة الإدراكية المطلوب تنفيذها صعبة، وليس فى شرط بسيط. بعبارة أخرى، لا تُظهر تجربة نفسية بسيطة مثل زمن رد الفعل أى شىء بالنسبة لعمليات سيطرة، بينما نستطيع إظهار خصائص معينة خلال تجارب صعبة.

لقد أمكن توضيح، اعتبارًا من خرائطية دماغية فى حالة كمون مذكور، أن "أفراد السيطرة" لا يختلفون عن "الأفراد الأنيدونيين" فى الشرط البسيط، بينما فى ظل شرط "مضاعف 3 الذى يستدل عليه"، نرى ظهور خلل، والحالة هذه لاتساع

الموجة **P300**، لعمل الخلية العصبية الخلفية للمخ لدى الأنيدونيين. هــذا الملمــح الأنيدونى الذى هو ملمح معروف باعتباره عاملا للقابلية للجروحية بالنسبة للإحباط على سبيل المثال، يمكن أن يكشف لدى الأفــراد الأصــحاء، طلبــة مــن جميــع التخصصات فى أحد المدرجات، عن خلل فى ظل شــروط صــعبة. إن القابليــة للجروحية إزاء الإحباط هى ربما بالأحرى قابلية للجروحيــة إزاء بــذل مجهــود، انفعالى و/ أو إدراكى، أى مواجهة وضع معقد. وهكذا فمن المنطقى إلى حد بعيــد الاعتقاد بأن المستقبل سيدعونا إلى تعجيل البحث عن سمات فى ظل موقف، قابلية للجروحية فى ظل موقف، بدلا من قابلية للجروحية دائمة، فى راحة.

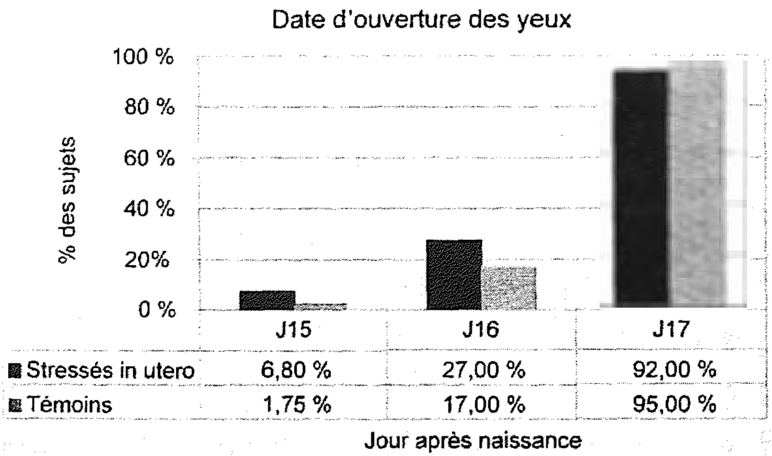
مثال ثالث: العلاقات كورتيكس/ تحت الكورتيكس، الاستحواذات، والاضــطرابات الاستحواذية القسرية

طور فريق جوديت رابابور **Judith Rapaport** هذه الأعمال على نحــو خاص، فعثر على شيء مدهش تماما. إن الذين لديهم استحواذات وإكراهات، تتسم بتحول غذائى قشرى تحتى، وسير فوقى على مستوى النوات الرمادية، الأمامية إذا كانت عادات محركة على نحو خاص، أو الخلفية إذا كانــت اســتحواذات معقــدة. بعبارة أخرى، فإن من لديه اضــطرابات اســتحواذية قــسرية أو حــصر نفــسى استحواذى لديه سير وظائفى قشرى تحتى وسير وظائفى فــوقى تحــت قــشرى. فالقشرة والفكر فى راحة، وتحتهما تسير المسائل بسرعة شديدة. تم مُراجعة هــذه المعلومة فى المصورات المتجانسة الدماغية. الأفراد الذين تمت معــالجتهم ســواء بالعلاجات الإدراكية، أو بكوابت تلتقط السيروتين، وكانوا- وهذا ليس الحال دائمًا، عرضة لتحسن سريرى - استعادوا توازنًا قشريًا/ تحت - قشرى، بينما كانوا سابقًا فى وضع لم يكن فيه الاحتدام تحت- القشرى معَوضًا بقدرة القشرة على الكبت.

من هنا جاءت فكرة أن جزءًا من الأعراض المرضية النفــسية للمنحــصر ليست بالضرورة أصل السلوك الخاص بطقوس الاغتسال، أو الإكــراه. ســأقترح

فكرة وجود ظروف يكون فيها الرهاب من المحرضات النفسية، فالخوف من الإصابة بحالة قسرية يعكس تكيف مع تهيج تحت- قشرى. وهكذا، "أن أخشى حك نفسى أمامك" ربما يكون أفضل وسيلة كى لا أحك نفسى أمامك. التفكير هنا ثانوى بالنسبة للفعل ويلعب دورًا تكيفيا. أن نخشى الإصابة بحالة قسرية ربما يكون محاولة ثانوية من الذهن لاستعادة السيطرة على سلوكيات قديمة، ما تحت - قشرية، كانت قد تحررت خلال الاضطراب.

ربطت جوديت رابابور نتائجها بما وصفه "بيشو **Pichot**" مع الأطباء البيطريين، بالتهاب الأدمة الشرس لدى الكلب. فالكلاب، فى ظرف الانفصال، يسقط شعرها من خلال الحك حتى يسيل الدم، فإذا أعطيناهم مضادات للاكتئاب، يشفون من هذا النشاط القسرى الخاص بالحك. سبق لـ بيشو القول، منذ أربعين عامًا، إن مضادات الاكتئاب علاج جيد للإكراه لدى الكلب، بينما لم يكن معروفًا فى هذه الفترة أن الدوائر التى تؤثر على المتقبلات بطريقة السيروتونين متورطة فى هذا التوازن القشرى/ما تحت القشرى.



شكل (٥)

ضغط عصبى ما قبل ميلادى ونضج النظام العصبى

يمكننا، من داخل منظور يندمج فيه تطور الكائن الفرد مع مبحث تكوّن الأنسال، قبول فكرة أن الإنسان المستحوذ يتراجع، بعض الشيء على نحو "جاكسونى" (نسبة إلى جاكسون Jackson) نحو سلوكيات قديمة، هى سلوكيات بسيطة للغاية، عادات عصبية، أشياء قسرية، قُمعت على نحو طبيعى من خلال تطور القشرة والتفكير. من وجهة النظر هذه، فإن كل عمل نفسى قد يكون تكيف لشيء ينمو داخلنا، لحيوان مستحوذ، لحيوان مُكرَه. فالاستحواذ على هذا النحو هو استرجاع لهذه السلوكيات. ومن ناحية أخرى، قد يكون كل عمل علاجى نفسى يطور النشاط الجسدى وسيلة غير مباشرة (سواء كانت علاجات تحليل نفسى أو علاجات إدراكية)، لمساعدة الفرد على أن يقمع سلوكياته تحت- القشرية على نحو أفضل.

إن مصطلح التطور غير خاطئ، ولا الخاص بالتكيف أيضا، بل ربما يمكننا قول نشوء/ تطور. نستطيع، دون الإفراط مرة أخرى رغم هذا فى الجاكسونية، التساؤل حول حقيقة أن عددًا من السلوكيات المرضية، التى نسميها سلوكيات لنقص فى العملية الذهنية، هى سلوكيات لم يتم التفكير فيها. فالشخص الذى يتمتع بسلوك طائش استحواذى لا يعنى أنه يمتلك فكرة طائشة أو فكرة استحواذية، ربما يكون العكس. ينبغى إعادة التفكير فى أن الفكر هو المتصدر بالنسبة للفعل؛ فالأقرب للتصديق هو وجود دورة دائمة بين ما نشعر به ويجعلنا نفكر فيما انتهينا من عمله، وما نتوقع أننا سنفعله... إلخ.

هذه الحلقات مشوشة فى أغلب الأحيان. ينبغى التوقف حقا لحظة لدراستها، لكننا غالبًا ما كنا جميعا متأثرين بشيء خاص بالسببية على نحو مبالغ فيه، بطرح دائمًا أولية الفكر بالنسبة للسلوك. فمشروع الفكر هو شيء يقود أفعالنا. وقد بيّن فريق جانيرو **Jeannerod** جيدًا أنه" عندما أتخيل حركة" أو عندما "أقوم بها فعلا" يتم تنشيط نفس المناطق القشرية. ثمة إذن معادلة بين مصطلحات التنشيط الدماغى. كلما تحسن الأمر عمومًا، حسبما يبدو، كلما رأينا أفكارنا تتحاور على نحو متفاوت، وثمة لعب بين الفكر والفعل المحرك، ومن هذا اللعب تولد تنوعات

عديدة ودرجات من السلوكيات، يمكننا جمعها فى إطار التفاعل الإنسان المتبادل. يصبح التبادل الاجتماعى والعاطفى من هذا المنظور شيئًا شديد التعقيد مع تناقص فيزيولوجى نسبى بالتبادل، حيث يمكن للفكر أن يتصنع أحد الأفعال، وتحل الاستعارة محل أحد السلوكيات... إلخ.

إن الرسائل الإيمائية – التى يكاد ينعدم التنبيه فيها خلال التبادل بين الأفراد، ومن ثم غالبًا، فى الواقع، تحت- قشرية – علامات مهمة. فإذا كنا لا نشعر بالراحة على الإطلاق فى وجود شخص يعانى من الانفصام على سبيل المثال، فذلك لأننا لا نعرف كيفية فك الشفرات الإيمائية التى تخصه هو.

المثال الرابع: الضغط العصبى الخفيف المزمن والتطور

تستند فكرة الضغط العصبى الخفيف المزمن على ترجيح عدم توقع مسببات الضغط العصبى لتنوعها، لا شدّته بالأحرى. ربما لا تكون شدة الضغوط هى الشىء العصى فى الحياة اليومية، وإنما طابعها غير المنتظم، غير المتوقع، وتنوعه. إذا استطعنا التحول لآلة والتنبوء بطريقة منتظمة بظهور أحد الضغوط العصبية سننفذ استراتيجية تجعلنا قادرين على ترشيح الصوت المبالغ فيه، على سبيل المثال، بتوقعه، فلا يرهقنا الصوت أبدًا. فمشكلتنا، نحن البشر، هى إدارة غير المتوقع.

بينت أعمال مجموعة شارل كوهين- سالمون **Charles Cohen-Salmon** أنه إذا أخضعنا جرذان خلال ٣٠ يومًا لأحداث ضاغطة غير ضارة، صغيرة، مثل أن نميل القفص فى أحد الأيام، نرطب الفراش قليلا يومًا آخر، نغير ساعة الإضاءة... إلخ، كل هذا بدون عنف، يمكننا إحداث خلل فى ذرة الجرذان، إلى حد التعديل الخطير فى وظائفها الحيوية وكأن لديها لوحة إحباط أو تلف دماغى ملحوظ.

تم تطبيق نفس التناول للضغط العصبى الخفيف المزمن على الضغط العصبى الحملى لدراسة مظاهر تسلسل السلالة، أى ما الذى كانت عليه نتائج الضغط العصبى خلال الحمل. هذه الضغوط العصبية خفيفة للغاية، وغير ضارة. وليس المقصود الصدمات الكهربائية أو العدوانيات إزاء الجرذان وإنما تعديلات طفيفة تثير الضيق وتخلق شعورًا بعدم التوقع، وعدم الراحة المرتبطين بتغيرات غير متوقعة. فإذا نظرنا إلى تاريخ فتح العينين، الذى يعتبر انعكاسًا لنضج النظام العصبى لدى الصغار، نلاحظ أنه على نحو يكاد يكون مفارقًا، يتسارع لدى الأمهات المضغوطات عصبيا. هل هو أمر جيد فى الحياة، أن يكون لدى المرء أم مضغوطة عصبيا وأقل قدرة على الحماية، فنستيقظ على نحو أسرع على العالم؟ إنه سؤال لم يُحل، لكنه يقترب عمومًا من تساؤلات ممارسى التحليل النفسى للأطفال وأطباء الأمراض العصبية والنفسية للأطفال.

مثلما رأينا، نستفيد الآن من تخيل تجارب السلوك، والتفسير النفسى والإدراكى للاضطرابات العقلية، فى صيغة النمو، بإعادة إدخال ألسنية تعاقبية وما هو على صعيد الديناميكى فى آن. فعلم الأحياء، الذى هو أكثر العلوم وظائفية، وحيوية، الذى لا يُجمد النظم، ويتحدث عن السلوك، الضبط، النمو، ويقبل أن تتحرك الأشياء، أثّر غالبًا فى التحليل النفسى الذى كان قد أصبح بنيويا بعض الشىء. هذا هو تحدى القرن المقبل، فى المستقبل. لم يعد ينبغى أن نرى التحليل النفسى والتحليل النفسى التجريبى، سواء ما يخص الطبيعى أو المرَضى، داخل حدود ملامح ثابتة، وإنما سياق قدرة الصيرورة، والتنبؤ بأحد السلوكيات، والقدرة أو عدم القدرة على التكيف.

يمكننا القول تمامًا إن حبيب أمه، الذى هو ابن سيدة حارسة لبرج من عشرين دورًا – أى محفَّز على نحو مفرط، مثل صغار الجرذان عندما تفتح عيونها– سيصبح باحثًا عن المثيرات. قد يقول المحللون النفسيون إن الأم لا تلعب دور "مانع - إثارة"؛ ينبغى أن يتمكن الطفل من حماية نفسه أحيانًا وألا يكون منبهًا

طوال الوقت. وإلا سينمو بسرعة مفرطة ويصبح شـــهوانيا إزاء المثيــرات. هــذا الطبع الخاص بالبحث عن الأحاسيس قد يجعله صحفيا، رجل علم، مقاتل أو مدمن مخدرات سامة. نفس الخاصية النفسحيوية يمكنها أن تكون مؤهلا للنجاح، إذا مــا وجهت جيدًا، أو على النقيض عامل قابلية للجروحية لعلم النفس المرضى.

تنطفئ الثنائية، أو يكون فى راحة على أية حال، وعلــم تحــسين الأنـــسال أيضا، فيما يخص علم أحياء السمات. ما ســيأتى هــو فكــرة أن مــصير نفــس الخصائص البيولوجية يعتمد على المحيط الأمومى، البيئة الخاصة بالبدائل الخاصة بالوالدين، والبئية الشاملة، وهذا على امتداد النشوء. وقد يبدو قابلا للتــصديق أنـــه حتى لو كانت الخريطة الجينومية génomique الكلية تسمح بــالتنبؤ بكــوارث إذا كانت هناك أمراض وراثية يتعذر تغييرها، فالتنبؤ الجينومى لملامـــح اليــوم الأول من الحياة يظل مستحيلا. إنها من مهارات المرء، لأننا ســنكون قــد اســتطعنا أن نهيأها له، أن "يضبط موجته" على البيئة وفقًا لإرثه الحيوى الخاص به، الذى يعتمد عليه مصيره، سعادته وتكيفه.

إدمان المخدرات السامة(١٢)
هوية ركائز بيولوجيا الأعصاب
والاستراتيجيات العلاجية المساعدة على الامتناع

بقلم: برنار روك
Bernard ROQUES

ترجمة: راوية صادق

يختلط تاريخ استهلاك المواد القادرة على تعديل حالات الوعى إلى هذا الحد أو ذاك من الشدة بتاريخ الإنسانية. إنها حالة الأفيون المستخلص من الخشخاش الذى تمتدح فضائله المهدئة منذ أقدم العصور، والقنب الهندى فى الهند وفى الشرق الأوسط، أو أوراق الكوكا التى يستخدمها سكان الهضاب المرتفعة فى أمريكا الجنوبية. وبعد فترة وجيزة، استهلك الإنسان مشروبات مضاف إليها الكحول تعلَّم الحصول عليها بتخمّر مواد نباتية متنوعة (فواكه، حبوب...). والقاسم المشترك بين كل المواد هو أنها تؤدى إلى الإحساس باللذة، بالغبطة وبكف يُسهّل على هذا النحو الاتصال بين الأفراد. إنه طقس خاص بالأعياد صاحبه ولا يزال، فى عديد من الدول، استهلاك المخدرات. والممارسات الجماعية لاستهلاك "المخدرات المخلّقة" ecstasy فى "حفلات الهذيان" هى مثال حديث على هذا النمط الطقسى.

يمكن لاستهلاك المواد المنشطة نفسيا الإجابة على أهداف متنوعة للغاية: محاولة الهرب من اليومى الذى يُحكم عليه بأنه لا يحتمل أو على النقيض، محاولة للتغلب على عدم تكيف نفسى يخص عملية الاتصال أو تهدئة عذاب نفسى ورغبة

(١٢)نص المحاضرة رقم ٤٠ التى ألقيت فى إطار مشروع جامعة كل المعارف بتاريخ ٩ فبراير ٢٠٠٠.

فى خرق المحظورات بالتمرد أو الرغبة فى المخاطرة، إلــخ. يمكننــا مــضاعفة أسباب "اللجوء" إلى علم النفس العقاقيرى، والمفهوم الموحّد لهذه الاستهلاكات هــو البحث عن اللذة، على الأقل فى البداية. فى هذه المرحلة، يكون مــن الــضرورى، إدراك الفرق بين التعاطى الذى يتضمن السيطرة على استهلاك المنتج ويؤدى إلــى تعديلات نفسية قليلة، وممارسات خاصة بالإفراط فى التعــاطى، تظــل حيثياتهــا المرضية قابلة للسيطرة عليها، لكن يمكن أن تقود إلى حالة من التبعية. وهذه تتميز بالاحتياج القهرى للمنتج، رغم معرفة المستهلك بالآثار المشئومة التى ستحدث لــه بالنسبة لصحته وحياته الاجتماعية.

ينبغى الحديث عن المخدرات فى هذه الشروط، بالمعنى الــذى يولّــد لــدى مدمن المخدرات السامة فقدان السيطرة وانطباع ذاتى بخــضوع للمنــتج لا يمكــن التغلب عليه. هذه التبعية أو الإدمان ليست فقط بسبب استهلاك مادة كيميائية، مادام يمكننا العثور على "إدمان للمواد السامة المخدّرة بــدون منــتج" مثــل الممارســة المرضية للّعب، السلوكيات الغذائية مثل الشراهة أو نقيضها، السلوكيات الجنــسية الاستلابية... إلخ. فكل أشكال الإدمان هذه تتصف بسلوك قهرى يدور حول البحث عن مادة هذه التبعية dépendance.

وللتحذير من هذه المخاطر، تم تصنيف هذه المواد التــى قــد تــؤدى إلــى الإفراط فى التعاطى إلى فئتين : المخدرات المسماة "شديدة"، المحظور اســتخدامها وحيازتها (هيروبين، كوكايين، قنب...)، بالتعارض مع المباحة (الكحــول، التبــغ، المنبهات النفسية)، التى كان استهلاكها يعتبر أقل خطورة. وكمــا ســنرى، هــذا التصنيف مغلوط1. فلا تنحصر خطورة التبغ والكحول فقط فى حــدود المخــاطر الفردية، فخطورة الكحول بالنسبة للآخرين معروفة جيدًا.

حاولت أعمال عديدة للغاية، تتبع على نحو خاص مــن علمــاء الاجتمــاع وأطباء الأمراض النفسية والعقلية تفسير الزيادة الضخمة فى استهلاك المخــدرات فى المجتمعات الحديثة. لسنا بصدد التوسع فى هذا الموضوع. لنسجل رغــم هــذا

أنه، بالإضافة إلى مشاكل الاضطرابات والأمراض المتعددة (comorbidité) (وجود داء ذهنى غامض) التى نقابلها على نحو متواتر لدى مدمنى المخدرات السامة، وسنعاود الحديث عنها، فإن صعوبة الاندماج فى مجتمع موجّه تمامًا نحو إشباعٍ اجتماعى نرجسى، يكاد يستحيل مواجهته بالنسبة لعدد كبير من الأفراد، ضخّم لدى عدد منهم فقدان احترام الذات، وحبّذ عملية التهميش، والوحدة، والعوز الأخلاقى، وفى الختام، اللجوء إلى المخدرات.

ينبغى أن نضيف أن الشباب، المعارض على نحو تقليدى للقيم الاجتماعية للمرحلة، فقَد عدة علامات أخلاقية (الغيرية ultruisme، التضامن، الطوباوية...). ويُشكّل استهلاك المخدرات حاليًا جزءًا من الطقوس التى يبحث من خلالها عن هويته طالما لا يجد معنى لأنماط المجتمع المقترح عليه.

تعاطى، إفراط فى التعاطى وتبعية

يستطيع كثير من الناس، على عكس ما يسود الاعتقاد غالبًا، إدارة استهلاكهم من المواد الخطرة من حيث الإفراط فى التعاطى، سواء كانت مباحة أو محظورة (القنب الهندى). وهذا يتضمن ضرورة عدم الخلط بين الإفراط فى التعاطى والتبعية، والاستهلاك الترفيهى للمواد المنشطة نفسيا. فالاستهلاك الاحتفالى بالمخدرات كان وسيظل موجودًا دائمًا.

الفكرة الأخرى المسلّم بها هى أن المخدرات مواد آلية عملها غامض وينبع من الشعوذة أكثر من علم الصيدلة. والواقع أن المخدرات تعمل بالضبط مثل الرسائل الداخلية الموجودة فى الدماغ، التى تضمن عمله السليم. الرسائل القادمة من الجهاز نفسه أو المخدرات المستهلكة تُثبَّت على نفس الهدف، الاختلاف هو أن المخدرات تحفز أهداف المتقبلين (عضو الحس)على نحو مفرط وكلى الحضور، أى حتى حيث لا ضرورة لذلك. فلنأخذ حالة الهيروين. المقصود، فى واقع الأمر، أحد مشتقات المورفين الذى، عبر تحول كيميائى بسيط، يكتسب خاصية التغلغل فى

الدماغ على نحو أسرع حيث يمكّن من توليد المورفين مرة أخرى. وهذا المورفين ينبه متقبلين موجودين فى مناطق النخاع الشوكى ثم الدماغ حيث يُمارس السيطرة على الألم، ولكن أيضا تلك التى تنتج إحساسًا بالغبطة. وعلى هذا النحو، تولد هذه الإجابات من خلال مورفين داخلى يسمى "أنكيفالين"، لكن بكثافة أقل بداهة.

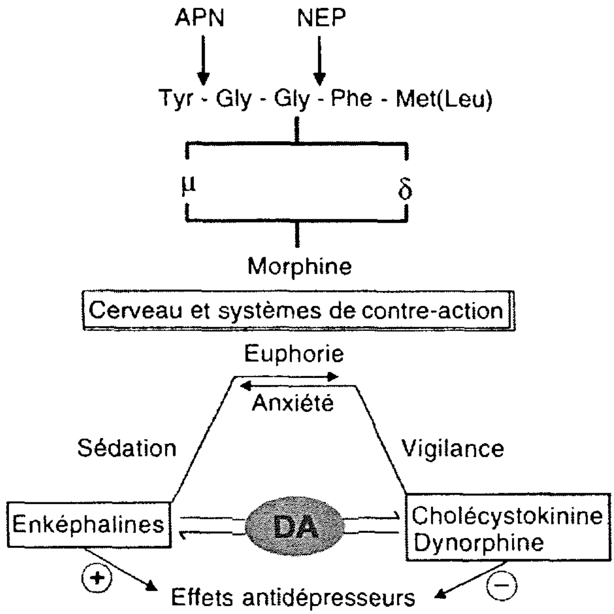
جدير بالملاحظة أن أغلب المخدرات استُخدمت ولازالت تُستخدم دائمًا، بالنسبة لبعضها، من أجل غايات علاجية. والمورفين هو أقوى المسكنات الحالية. ولا ينبغى إيقاف استخدامه الذى لا يزال ضعيفًا للغاية فى بلادنا. ينبغى على النقيض تدعيمه، فلو وصفت المواد التى تحتوى على الأفيون بشكل متقن، تكون ذات خطر ضعيف للغاية فيما يتعلق بإدمان المخدرات السامة. وهذا يثبت فضلا عن ذلك، أن خطر الإفراط فى الاستهلاك الذى يليه تبعية محتملة، لا يعود للمنتج فحسب، وإنما أيضا لحالة المستهلك الانفعالية ولضرورة معاودة الشعور باللذة والسكينة التى يجد نفسه فيها مع المخدر، وتسمح له بالتغلب على حصره النفسى. إنه، وفقا لـ س. أوليفنسستين **C.Olievenstein**، لقاء أحد المنتجات وإحدى الشخصيات وإحدى اللحظات الاجتماعية- الثقافية.

الطابع المبكر للإفراط فى التعاطى ومخاطر الإدمان

نلاحظ أن استهلاك عدد معين من المخدرات على نحو مبكر يتزايد أكثر فأكثر، وهو أمر مثير للقلق. والواقع أنه كلما كان التعرض للمخدرات مبكرًا، كلما تدخلت التبعية بسرعة وكلما أصبح التخلص من المخدرات السامة أصعب. ووفقًا لمقياس "صحة - شباب" santé – jeunesse، يستهلك ثلث تلاميذ المدارس القنب الهندى. وهذا الرقم يظل ثابتًا. واستهلاك الكوكايين يتزايد بينما ينخفض، فى المقابل، بالنسبة للهيروين. والمخدرات المخلّقة وكل المنبهات النفسية فى حالة زيادة. واستهلاك الشباب للكحول فى تزايد خطير إلى حد بعيد. ٢١ %منهم مستهلكون منتظمون، مثلما هو الحال بالنسبة للتبغ، لاسيما لدى الفتيات ٢. ومن

ناحية أخرى، فإن الاستهلاك المتعدد أصبح عاديا (كحول+ قنب هندى، منبهات نفسية + كحول... إلخ).

القاسم المشترك بين كل المخدرات هو قدرتها على توليد الإحساس باللذة من خلال آلية جزيئية معروفة جيدًا من الآن فصاعدًا. لا ينبغى الخلط بين الاستهلاك الترفيهى، والاحتفالى، أى الذى نمارسه على نحو عادى مع النبيذ على سبيل المثال، والذى يتمثل فى احتساء كوب أو اثنين، والإسراف فى التعاطى. فهذا يغيّر سلوكنا الذى يمكن أن يصبح خطرًا خلال قيادة السيارة على سبيل المثال. وأخيرًا يمكن للإفراط فى الاستهلاك أن يؤدى إلى التبعية لدى بعض الناس القابلة للجروحية لأسباب جينية أو لديهم قابلية شديدة للتوتر الانفعالى، بل حتى مصابين باضطرابات نفسية خطرة إلى هذا الحد أو ذاك، دون أن يكونوا دائمًا على وعى بها أو يريدون التسليم بها. التبعية هى حاجة قسرية لاستهلاك أحد المخدرات، ورغم النتائج المشئومة على صحة المستهلك وحياته العاطفية، والاجتماعية، إلخ، التى يعيها تمامًا. عندئذ، تتركز كل حياته فى البحث عن المنتج المسبب للإدمان ليعثر على اللذة التى شعر بها من قبل. هذا البحث عن اللذة "الكيميائية" يمكن أن يولِّد "أنيدونية" anhédonie وشعورًا بالقلق وتوترًا داخليا. لماذا يوجد نظام للمكافأة؟ نظام للذة؟ لأنه يمتلك بداهة وظيفة حيوية أساسية للمحافظة على النوع. وهكذا، فإن إعادة الإنتاج الشقية sexuée مرتبطة بتحرير الـ "أنكيفالين" enképhaline، هذه المورفينات الدماغية التى تؤدى إلى اللذة من خلال تحرير الدوبامين (شكل رقم ١). يفرز البحث عن الغذاء والحماية من الجوارح الـ"أنكيفالين" أيضا. ثمة إذن نوع من التوازن الدائم بين نُظم المكافأة التى، من تسكين الألم إلى الغبطة، تؤدى إلى فقدان الانتباه. وفى الحالة الأخيرة، تشرع هذه النظم الانقباضية فى العمل وتزيد من الانتباه لتؤدى إلى الحصر النفسى إذا ما أصبح تجنيدها قويا للغاية.



FONCTIONS VITALES AU COURS DE L'EVOLUTION

(maintien de l'espèce, recherché de nourriture,

défense contre les prédateurs)

شكل (١)

تمثيل تخطيطى للببتيدات المشاركة فى السيطرة على الطريق المتعى.

الوظائف الحيوية خلال التطور

(المحافظة على النوع، البحث عن الغذاء، الدفاع ضد الجوارح)

أعلى: إن الأنكيفالين، ببديدات صغيرة من خمسة أحماض أمينية، تفرز فى دماغنا فى ظروف مختلفة (الألم، الضغط العصبى/توتر، الانفعال... إلخ) يتم تدميرها بسرعة بواسطة إنزيمين (أمينوببتيداد N ومحايدة (إندوببتيداز NEP). وهى ترتبط بالضبط مثل المورفين، الذى لايوجد بشكل طبيعى فى جسدنا، مع موقعين (متقبل صامت ودلتا) بنفس القوة (شوق)1.

أسفل: خلال التطور، توطدت هذه النظم، كى تحفظ النوع وذلـك بـربط إجابة متعية مع الأنكيفالينيات التى تزوّد الغبطة إلى أقصى حـد (علـى سبيل المثال مع استهلاك الهيروبين) وتعزل المستهلك فى بحثه القسرى عن المخدر والنظم المضادة (مع على سـبيل المثـال الكوليـسيزتوكينى cholécystokimine، التى دورها هو استعادة التوازن بزيادة اليقظة3,21.

إن النظام الخاص بمبدأ المتعية حيوى، إذ أنه يسمح بصيانة النوع.

إن النظامين المتعارضين ينظمان تحرير الدوبامين فى الطريق المتعـى الميزو حوفى mésolimbique (الشكل رقم ٢). إن الدوبامين هو الجزىء المولّد للأحاسيس الخاصة بالتحسن.

إنه مبدأ "العمليات المعارضة" الممثلة على نحو مبسّط للغاية، مـن خـلال نظامين داخلين فيه، يحتويان على "ببتيدات" peptides "مأفينة" متعيـة و"ببتيـدات" تثير الحصر النفسى، مثل الكوليـسيزتوكينى والـدينورفين dynorphine (شـكل رقم١). إن المادة التى تولّد حقا إحساسًا باللذة هى الدوبامين التى يتم السيطرة على عملها، على الأقل على مستوى نظام المكافآت (المتعة) من خلال هذه الـ "ببتيدات" المختلفة. وتلعب الـ "مأفينات" الداخلية إذن دورًا ملحوظًا فى الطريقة التى نتـأقلم بها مع الظروف الخارجية. وقد مكّنت تجربتان على الأقل من إثبات ذلك شـكليا. ففى عام ١٩٩٦، بفضل معالجات وراثية، تم إنتاج سلالة من الفئران لم تعد تملـك الجين الذى يشفّر من أجل الـ "ببتيد" المأفينة الجوفية ٤. إذن لم يعد لهذه الفئـران أى إنكيفالين فى أدمغتها.

عندما نضع فأرًا طبيعيا فوق صفيحة معدنية يتم تـسخينها إلـى٥٠ درجـة مئوية، فإنه يقفز خلال فترة معينة (٩٠ ثانية) لأنه يشعر بالألم الذى تسببه السخونة المفرطة، مثلما يحدث عندما نجرى حفاة فوق الرمال الساخنة، بحثًـا عـن ركـن ظليل. والفأر الذى لم يعد لديه المأفينات الجوفية، يشعر بالألم بسرعة ويقفز مبكرًا. وتتيح سلسلة أخرى من التجارب من اختبار قلق أحد الحيوانات عندما نحصره فى

نطاق دائرى أحد أطرافه مغطى ليشكل أنبوبة، والطرف الآخر مفتوح. يلجأ الفأر غالبًا، وبشكل عام، إلى الجزء المغلق لأنه بطبيعة الحال قلق بعض الشىء. ونلاحظ تضخم هذا السلوك لدى الفأر الذى لم يعد يملك الأنكيفالينات. وبالإضافة إلى ذلك، عند وضع حيوان مثله فى قفص أحد هذه الفئران، يهاجمه فورًا. ومن الطبيعى التفكير أن هذا السلوك العنيف يعود إلى غياب نظام المكافأة الذى يسيطر عليها الـ "إنكيفالين". هذا يلحق بمفهوم التوتر الداخلى، الذى كثيرًا ما يصفه مدمنى المخدرات السامة باعتباره أحد أسباب استهلاك المخدرات بهدف إخضاعه.

توضح تجربة أخرى أهمية المورفينات الداخلية وترتبط بآلية عملها. إن الأنكيفالينات عبارة عن "ببتيدات" صغيرة، تتكون من خمسة أحماض أمينية. وهى تملك عمرًا حياتيا محدودًا بعد تحرير الخلية العصبية (النيرون) التى صنعتها. والواقع أن أنزيمين يقطعانها إلى أجزاء خاملة، عاجزة عن تنبيه أهدافها (المتقبلين) récepteurs (شكل رقم ١). وقد أمكن تركيب مواد (كابتة) قادرة على تجميد عمل هذه الأنزيمات ٥. تحمى هذه الجزيئات الـ"أنكيفالينات" وتزيد إذن من تركيزها فى الدماغ والنخاع الشوكى. ومثلما كنا نتمنى، تملك هذه الجزيئات مفعولا مسكنًا قويا، وتأثيرًا مضاد للاكتئاب لكنها غير قادرة على توليد تبعية، ببساطة لأنه خلافًا للمورفين الذى ينشط كل الأهداف الدماغية، سواء كان ذلك ضروريا أم لا...، لا تعمل الكوابت إلا حيث تفرز الخلايا العصبية الـ "أنكيفالينات". وهكذا، يؤدى الألم إلى إفراز الـ "أنكيفالينات" فى النخاع والمناطق الدماغية المشاركة فى السيطرة على السائل العصبى المؤلم، بينما فى ظروف مغايرة (ضغط عصبى، العدوان الخارجى) يكون إفراز الـ "أنكيفالينات" ضروريا فى مناطق أخرى، على سبيل المثال النظام المتعى. ويتزايد التفكير فى أن الاختلال فى التوازن بين النظم المتعارضة ييسر اللجوء للمخدرات 1.3.

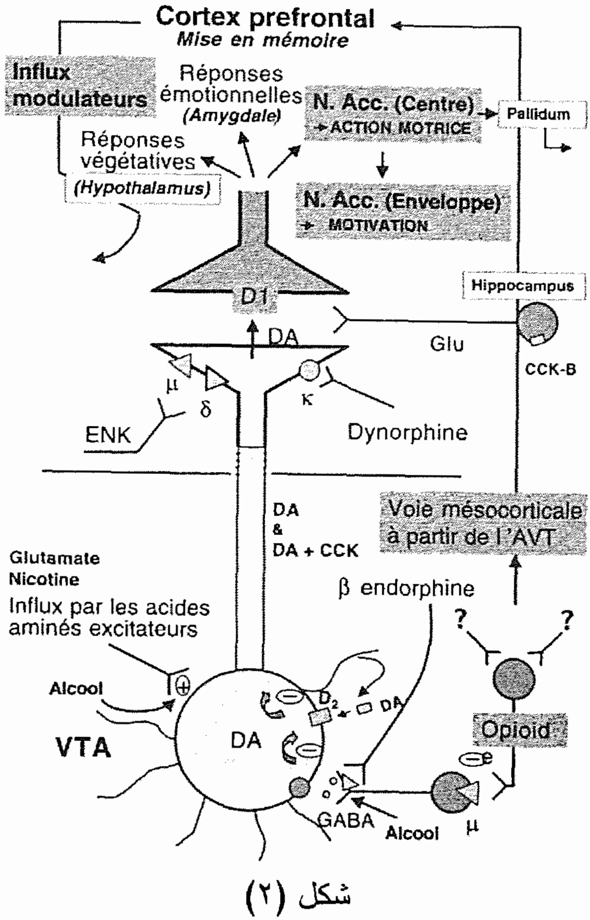
تنظيم تشريحى
ووظائفى للنظام الخاص بالمتعة

ينقسم النظام الخاص بالمتعة، من وجهة نظر تشريحية، إلى منطقتين على نحو منظّم. يتم إفراز الـ "دوبامين" فى بنية خاصة تسمى النواة "أكومبنس" accumbens، انطلاقًا من خلايا عصبية تقع فى المنطقة الـ "تجمنتالية" الجوفيةventrale tegmentale **(AVT)** (شكل رقم ٢). إن زرع قطب كهربائى فى مسيرة هذا الطريق الخاص بالمتعية يمكّن من تنشيطه بالنسبة للحيوان من خلال نظام الرافعة على سبيل المثال. نلاحظ عندئذ أن عدد التعزيزات يتضخم بسرعة بسبب الإحساس باللذة التى يتم الشعور بها فى كل تنبيه وينتهى الأمر بالحيوان بألا يبالى بكل الوظائف الحيوية الأخرى بما فيها الحصول على الغذاء6. وهذا يُفسّر بلا شك الإحساس الشديد باللذة الذى يصفه مدمن الهيروين على سبيل المثال خلال الاندفاع، مثل الإحساس بذروة النشوة الجنسية.

يوجد عدة أنماط حيوانية تسمح بدراسة ظواهر التبعية للمخدرات. وهى تمكننا من التكهن إلى حد بعيد بما يحدث لدى الإنسان. وهكذا، هناك اختبارات تسمح لنا بمعرفة ما إذا كانت إحدى المواد قادرة أم لا على توليد تبعية **(شكل ٣)**. فى إحدى هذه التقنيات، يُربط الجرذ بقسطرة مرنة متصلة بخزان يسلمه جرعة من المنتج كل مرة يتكئ فيها على إحدى الروافع. إذا كان ماء، سيتكئ عليها مرة أو مرتين، ثم سيتوقف لأن الأمر لا يبهره. وإذا كان مخدرًا، هيروين على سبيل المثال، لن يتوقف عن التعاطى الذاتى للمادة.

والاختبار الثانى هو الخاص بأفضلية المكان، ويتمثل فى وضع أحد الحيوانات فى علبة من قسمين من نفس الحجم، لكن يمكن التعرف عليهما بصريا وباللمس. يستكشف الجرذ هذا المكان بحرية خلال يومى التعود. وفى ختام اليوم الثالث، يتم فصل القسمين بحاجز يخصص له مخدر أو مصل فسيولوجى بالتبادل فى حجرة معينة. وفى اليوم الحادى عشر، يُرفع الحاجز. إذا كانت المادة التى يتم

حقنها يتمثل فيها خطر الإسراف فى التعاطى"، سيعاود الجرذ المجىء على نحو أكثر تكرارًا فى الجزء الذى تلقى فيه هذه المادة. وهذا يبين أن المادة تملك خواصا تمثل خطر الانقياد للتبعية. و من الآن فصاعدًا أصبح استخدام هذه الاختبارات إجباريا قبل إدخال دواء جديد فى الصيدلية.



شكل (٢)

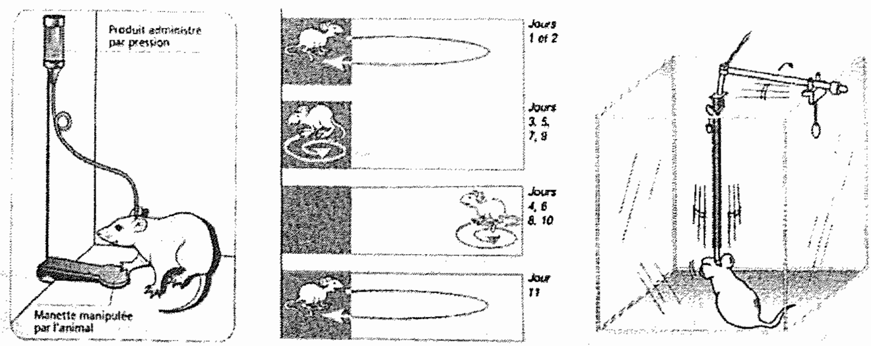
تمثيل تخطيطى للغاية للطريق الخاص بالمتعية الميزو حوفى

ينقسم إلى جزئين. (أسفل) فى البنية الدماغية المسماة المجال التيجمنتالى

الجوفى (VTA)، نجد الخلايا العصبية الدوبامينية (ND) والمحور

العصبى (امتداد عصبى طويل) ينتهى فى جزء يسمى القوقعــة (شــيل) للنواة "أكومبنس". هنا يتم إفراز الدوبامين من خــلال الخليــة العــصبية فتحدث إحساسًا باللذة بتنشيط سلسلة كاملة من شبكات الخلايا العــصبية. إن الكوكايين، والمحفزات النفسية تعمل على هذا المستوى بحجز نظــام إعادة أسر الـــ AD المحررة فى اقتــران الكروموزومـــات. مـــن هـــذه الحقيقة، فإن زيادة الـــ AD ينتج الإحساس باللذة.

وبالمقابل تعمل الأبيوئيدات على مستوى الخليــة العــصبية (ATV). إن الكحول، النيكوتين، وعلى الأرجح القنب الهندى يعملان بمنــع جــزىء صغير، المرسل GABA (ac.γ aminobutyrique) من كبت عمل الخلية العصبية DA جزئيا أو أن يحثها على نحو مباشر. ونلاحــظ أن الــنظم المتعارضة – كوليسيستوكينى، دينورفين وتعمل بالأحرى على مــستوى النواة "أكومبنس". وهى متورطة فى عملية الترسيخ فى الذاكرة للإحساس الذى يتم الشعور به خلال تعاطى المخدّر.



شكل (٣)

نماذج حيوانات حملية

لدراسة المواد التى تمثل خطر التبعية

تخصيص الجرعة ذاتيا: يُثبت مسبار (مثبت هنا فى التجويف الــدماغى

مباشرة) ويمكن للحيوان أن يخصص لنفسه ذاتيا المخدرات (إذا كانت قادرة على إنتاج إحساس باللذة) بأن يضغط على الرافعة.

مكان مفضل: يوضع جرذ فى قفص ذى أقسام بديكورات مختلفة، ممثلة بالأزرق الغامق، والأزرق الفاتح والأبيض.

١) خلال يومين، يتجول الجرذ بحرية؛ فى اليوم الثالث، يتم إغلاق كل قسم بشبكة.

٢) فى الجزء الأزرق الغامق، نخصص مخدّر كل يومين لمدة 9 أيام.

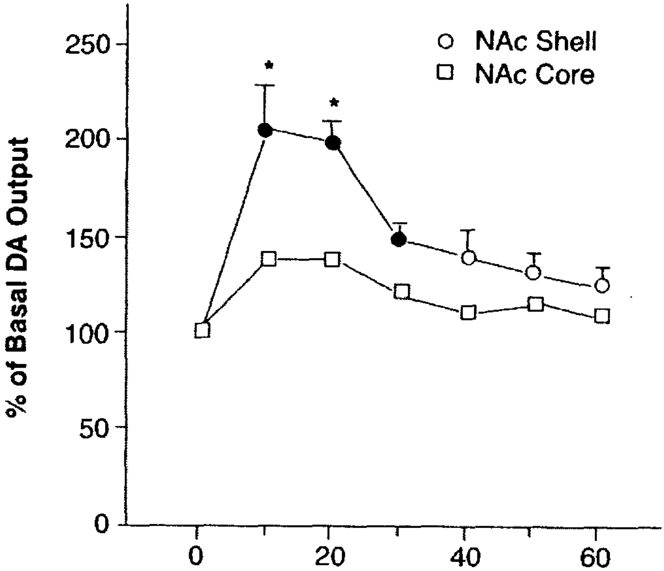
٣) فى الجزء الأبيض، نخصص علاجا بديلا (مصل فيزيولوجى) كل يومين لمدة ١٠ أيام.

٤) فى اليوم الحادى عشر، يمكن الدخول بحرية فى الأجزاء الثلاثة؛ يقف الجرذ فترة أطول فى القسم ذى اللون الأزرق الغامق منتظرًا جرعة المخدرات.

الميكرودياليز Microdialyse: تم زراعة مسبار من الميكرودياليز فى منطقة محددة من دماغ الجرذ (على سبيل المثال، النواة "أكومبنس"). يُمكن الجهاز الحيوان من الحركة بسهولة فى القفص والمسبار المربوط بمنفاخ صغير يمكّن، من خلال مناهج محددة للغاية، من تعيين محتوى السائل المحيط بالخلايا العصبية فى المنطقة الدماغية المستكشفة.

مكّن منهج الميكرودياليز من توحيد آلية العمل لكل المخدرات. يزرع مسبار صغير، ورفيع جدا فى منطقة خاصة للغاية من دماغ الجرذ. هذا المسبار المربوط بنظام المنفاخ، يمكّن باستمرار من قياس كمية المادة المُنتجة (دوبامين، أنكيفالين على سبيل المثال) فى الحجم المحدود حيث تم زرعها. ونلاحظ أن كل مايميز المخدرات، سواء كانت مباحة أو محظورة، هو أنها تنشط هذا النظام فى المكافأة، ومن ثمة تتسبب فى تحرير الدوبامين فى النواة "أكومبنس". وقد أمكن مراجعة هذا الأمر بالنسبة للهيروين بواسطة الميكرودياليز (شكل رقم ٤). وهو أيضا حقيقى بالنسبة للـ **THC**، المادة النشطة الموجودة فى القنب الهندى،

وللنيكوتين وبالتأكيد للكوكايين والكحول ٧. والدوبامين تُخصَّص حصته ذاتيا مـــن خلال الجرذ عندما "يُسلِّم" فى النواة "أكومبنس"8.



شكل (٤)

إثبات بالمَيكروميز المجهرى لدى الجرذ

إفراز الدوبامين (DA) فى النواة "أكومبنس" (N.Acc.) المُحرّضـــة مـــن خلال مادة تسبب الإدمان (الكوكايين)

إن تخصيص جرعة الكوكايين فى الأوردة (٠,٥ مللى/كج) لدى الجـــرذ الحر فى تحركاته والمزروع مع مسبار ميكروديااليز، يتيح قياس الأثـــر المهم للزيادة (أكثر من ١٠٠%) للـــ DA فى الـــ N. ACC. . وقد أمكن الحصول على نتائج مماثلة مع كل المخدرات المسموح بها والمحظورة، التى أثبتت العلاقة بين تنشيط الطريق الخاص بالطاقة الدوبامينية الميـــزو حوفية والإحساس باللذة – نقلا عن "دى كيارا" 7Di Chiara .

نقارن فى تجربة أخرى عن أهمية الدوبامين خلال تعاطى أحد المخدرات المحتملة (الكحول فى الحالة الحالية)، بين ثلاث سلالات من الجرذان، C57, CB1, BALAD.إن الجرذان التى تستهلك الكحول بسهولة (C57) هى التى تملك أضعف كمية من الدوبامين فى نواتها "أكُمومبنس"9. وهى تعوض الأمر باستهلاك للكحول سيحرر الدوبامين فى هذه المنطقة. وإذا خصصنا للجرذان (C57) أحد الأدوية، الـ L-dopa السابقة للدوبامين والمستخدمة فى مرض "باركينسون"، الذى يدمر الخلايا العصبية ذات الطاقة الدوبامينية، فإنه يقلل استهلاكها من الكحول. وبالفعل عند إعطائها الدوبامين الذى كان ينقصها، عادت إلى نفس مستوى جرذان السلالتين الأخرتين.

ما الآليات التى من خلالها تحفز المخدرات تحرير الدوبامين؟ إنهما من نوعين ويعتمدان على الموقع الذى يؤثر فيه المخدرات. فى حالة المنبهات النفسية (الكوكايين، الأنفيتامين، المخدرات المخلّقة والأدوية التى تحتوى على هذا النوع من المواد... إلخ)، تحجز هذه المواد نظامًا ضابطًا للتركيز للـ DA فى نقطة الاشتباك العصبى الخاص بالطاقة الدوبامينية (على مستوى النواة "أكُمومبنس". [الشكل رقم ٢]) . فالمقصود نظام يخص إعادة الاستيلاء على الـ DA التى يتم إفرازها. يؤدى حجزها إذن إلى زيادة الـ DA المتعبة.

تعمل كل المخدرات الأخرى بشكل رئيسى على مستوى الراقود AVT (شكل رقم ٢). وهكذا، فإن الإبيوئيدات" (المورفين، الإنكيفالين) تعمل بشكل غير مباشر على تنشيط متقبل، يسمى "مو" mu ويقع على خلية عصبية مُرسلة للطاقة تحرر مادة الإرسال GABA، التى تفرمل باستمرار نشاط الخلية العصبية الخاص بالطاقة الدوبامينية، ستزيل الإبيوئيدات هذه الفرملة، وستفرز الدوبامين فيعطى الإحساس باللذة. ويعمل الكحول أيضا على هذا المستوى، وأيضا على الخلية العصبية DA مباشرة، مثلما يفعل النيكوتين، الذى يؤثر على المتقبل الخاص بالطاقة الكولينية cholinergique ١٠. ولاستكشاف صحة هذه الفرضيات قمنا بتجارب مستخدمين فئران لم تعد تملك الجين الخاص بشفرة المتقبل المأفين "مو".

والحال فى كل التجارب المتحققة، نلاحظ أن المورفين لم يعد يعط أثر المكافأة 11. وهذا، فضلا عن ذلك، ينسجم مع حقيقة أنه عندما نحتجز المتقبل "مو" (مع الـ "نالاكسون" nalaxone على سبيل المثال)، لدى مدمن الهيروين، نولد تبعية عنيفة لديه، مما يوضح جيدًا أن المتقبلات الـ "مأفينة" الداخلية ("مو" على نحو خاص) أساسية فى التبعية. جددنا هذه التجربة مع المتقبل **D2**، الذى يتمثل دوره على مستوى الـ **ATV** فى ضبط نشاط الخلية العصبية "ميزولمبيك" الخاصة بطريق المتعية. هنا أيضا لم تبد الفئران المعدّلة وراثيا ولم تعد تملك المتقبل **D2**، أية أفضلية للقسم المرتبط بالمورفين ١٢ وأية شهية للكحول ١٣.

القابلية للجروحية فى العمليات الخاصة بالإدمان

يتزايد الاعتقاد بأن القابلية للجروحية من تعاطى المخدرات مرتبط بخلل وظيفى لهذا الطريق الخاص بالمتعية. والواقع أنه كثيرًا ما نلتقى بالاضطرابات المرضية فى القابلية للجروحية مع المخدرات. وكثيرًا ما يكون لدى الأشخاص الذين يتعاطون المخدرات مشاكل نفسية، بل عقلية، حالات قلق وغالبًا حالات اكتئاب. كل هذا يقودهم للبحث عن نوع من العلاج الذاتى فى استهلاك المخدرات. لهذا السبب ثمة صعوبة بالغة فى انتزاع شخص "مدمن" من مخدر يسبب الإدمان بشدة (الهيروين، الكوكايين، الكحول) دون أن يصاحبه علاج نفسى. وهكذا، فى حالة الهيروين، يعجز العلاج التعويضى البسيط بالميتادون méthadone وحده، على سبيل المثال، أو البيبرينورفين buprénorphine، على أن يؤدى إلى الامتناع عن التعاطى. عندئذ هناك نسبة فشل تتراوح بين ٨٠ إلى ٨٥ %. وعلى النقيض، مع مساعدة العلاج النفسى، يتمكن عديد من مدمنى الهيروين من التخلص من إدمانهم للمخدرات السامة، وهذا هو السبب الذى يستدعى مضاعفة المراكز الطبية لتوزيع الميتادون. وفى فرنسا، كما فى كثير من الدول الأخرى، تحصل جمعيات قدامى المدمنين، التى يدعمها غالبًا طبيب أمراض عقلية أو نفسية، على أكثر النتائج تميزًا، إذ أنهم يحيطون الشخص التابع والمحتاج لإعادة الاعتبار

الشخصى... ينبغى أن نجعله يسترد كرامته واحترامه لذاته. لن يمكننا أبدًا أن نوفى قيمة هذه الجمعيات.

ينبع فقدان تقدير الذات واللجوء إلى "مخدر النسيان" غالبًا إلى عوامل انفعالية وبيئية مثيرة للاضطراب للغاية كابدها الإنسان منذ طفولته المبكّرة. يعرف المحللون النفسيون جيدًا مخاطر عدم الانسجام الانفعالى لدى الطفل. عندما تُبنى شخصيته ويستظهر دماغه، هناك عدد معين من الصور مُخزَّنة نهائيا. يمكن للطفل أن يربط بين صورة عن السعادة مع الاكتمال والطابع المسترخى للبيئة المحيطة التى ينظر منها أهله إليه وهم يبتسمون. وصباح اليوم التالى، إذا ما وجد نفسه فى نفس الظروف بالضبط، لكن فجأة تتوتر البيئة المحيطة، بل تصبح عدوانية، فإنه لا يفهم السبب – هناك فصل بين وضعين متوقع أنهما متطابقان. تستقر عاقبة الجرح ونعرف أن هناك قابلية للانجراح أكبر بكثير إزاء استهلاك المخدرات لدى الأطفال الذين وجدوا أنفسهم فى مواجهة حالات تنافر انفعالى. وهذا أكثر مصداقية أيضا مع الأطفال الذين تعرضوا لأعمال عنيفة. نلاحظ أن زنا المحارم أو الاغتصاب لدى الأطفال ينتج مخاطر تزيد عشرة مرات فى استهلاك المخدرات فى سن الرشد. يلعب بناء الشخصية إذن دورا مهمًا للغاية فى القابلية للجروحية من تأثير المخدرات. إنها الخاصية المكتسبة منه. ومثلما يقول د. لاكور **D. Lacourt**: "يرى كل شخص كتابة الحكاية الفريدة التى هى تاريخه الفعلى، الاجتماعى والثقافى، فى بنية دماغه نفسها مع استقرار شبكات الخلايا العصبية الخاصة".

توجد أيضا عوامل وراثية فطرية، فيما يخص قابلية الانجراح والالتئام، لم تُدرس إلا قليلا خلال فترة طويلة، بل تم إنكارها رغم وجودها. إن الأطباء الممارسين المتخصصين يعلمون أن هناك عائلات معرضة لإدمان الخمر. وقد بينت تحاليل الوراثة أن عددًا معينًا من التعديلات الوراثية كانت بالفعل موجودة فى عائلات مدمنة للخمر1. وبالمثل، فى حالة التوأم الحقيقى، نرصد استهلاكًا للكوكايين لدى ٥٤ % من الحالات حتى لو تواجدا فى بيئات اجتماعية وثقافية مختلفة 14. فى حالة التوأم الكاذب، نجد الأرقام أقل بكثير. ولاشك أن مخاطر

إدمان المخدرات السامة هى بداهة متعددة الأصل (عـدة جينـات معنيـة)، لكـن المكتسب أيضا بنفس الأهمية (انظر فيما يلى). وفى جميع الحالات، يعكس اللجوء الدائم للمخدر إذن صعوبة بل استحالة تطبيق سلوك منضبط مع الظروف التى يـتم مقابلتها، سواء كانت نزاعية أم لا. هذا قد يؤدى إلى إنقاص القيمة، وأدونية دائمة، يتم التغلب عليها مؤقتا باستهلاك المخدرات.

ومن المثير للاهتمام أيضا ملاحظة أن الجرذان الأكثر نشاطًا، الأكثر "جرأة" هى التى تُظهر نزوعًا طبيعيا لتخصيص المخدرات ذاتيا 15. ونجد هـذه العلاقـة لدى الإنسان، مادام من هم الأكثر انجذابًا للمخاطر بكافة أنواعها هم الأكثر قابليـة للانجراح إزاء المخدرات. نعلم أن كل فعل "محفز" يقود إلى تحرير الـ **DA** فـى النواة "أكومبنس"، التى هى نفسها نوع من الصفيحة الدائرة، ستحوّل هـذا التحفيـز إلى فعل. يمكننا عندئذ التساؤل عما يحدث فى الطريق الخـاص بالمتعيـة لهـواة التطرف الذين يهبطون دوامة سيل عرم عومًـا! أو يقفـزون مـن جـسر وهـم مربوطون بنسيج مطاط! المؤكد هو ادعاء الكل بأنه يشعر بالحياة وبلذة هائلة خلال هذه الممارسات. هل نظامهم الخاص بالـ **DA** حساس مسبقًا؟

حساسية – الترسيخ فى الذاكرة
لأثر المخدرات والانتكاسات

إحدى الظواهر الأكثر إثارة للفضول وأصعبها على الفهم هى أنه مع إدمـان المخدرات السامة، ثمة صعوبة فى التخلص منها، إذا ما أصبح المرء تابعًـا لهـا. لماذا؟ لأن التخلى عن المادة يخلق أثر الضغط العصبى. التبعية لخامـات أخـرى (التبغ، المنبهات النفسية، القنب الهندى) ليست مفجعة إلى هذا الحد ورغم هذا فـإن الامتناع عن التدخين على سبيل المثال صعب للغاية. لقد انهزمت نظريـة التبعيـة المرتبطة بصعوبات العبودية، المسماة "التدعيم السلبى"، ويتم التوجه بالأحرى نحو نظرية "التدعيم الإيجابى"، الذى يرتبط بالصعوبة البالغة فى الفكاك من مخدر يمنح إحساسًا بلذة شديدة.16,17 هذا يتضمن تزايد هذا الإحساس عبر عمليات اسـتهلاك

متتالية. هناك تجربة بهذا المعنى. قام فريق البروفيسور شـولتز **Schultz** بـزرع قطب كهربائى فى الطريق الخاص بالمتعية 18. عندما يفتح القرد بابًا يوجد خلفه طعام، يراه الحيوان فيقترب منه، وعلى الفور ينشّط نوع من "الانعكاس الشرطى البافلوفى العصبى" نظامه الخاص بالطاقة الدوبامينية. لقد توقـع إذن اللـذة التى ستجلبها له الحصة الغذائية. فى حالة المخدر، يمكننا تخيل أنه عند إعادة وضعه فى الظروف التى استهلك فيها المخدر، فإن توقع الأثر الخاص بالمتعية التى سيوفرها له يصبح غير محتمل ومؤلمًا من شدته، ويقوده إلى البحـث عـن المخـدر بكـل الوسائل (رغبة ملحة).

لقد أمكن إثبات مفهوم الحساسية المفرطة لنظم الخلايـا العـصبية، لاسـيما الخاص بالطاقة الدوبامينية. وهكذا، تعالج جرذان بالمورفين على نحو مزمن، ثـم يتم إيقافه وإعادته بعد فترة وجيزة. يتم قياس النشاط القاطر للحيوان (عدد مـرات الذهاب والإياب داخل القفص) الذى تضاعف بالدوبامين الـذى ييـسر المـورفين إفرازه فى النواة "أكومبنس"7,19. تُعطى نفس الجرعة خلال كل تجربة ورغم هذا يزداد النشاط القاطر مع كل حصة بينما المتوقع غالبًا هو استجابة مماثلة. هذا يعنى أنه قد حدثت عملية حساسية مفرطة للنظام، مما يساهم بداهة فى التبعيـة والبحـث القهرى عن المنتج.

تحاول فرق كثيرة فى العالم، حاليًا، تفسير وجـود أثـر للوضـام (تخلـف الانفعال)،على صعيد الكيمياء الحيوية، بهذه الضخامة خـلال تعـاطى مخـدرات معينة. إنها، فى واقع الأمر، هذه الذكرى الخاصة بالمتعية الحـادة المخزّنـة فـى الدماغ، هى التى تولد الانتكاسة. ربما هناك، داخل الخلايـا العـصبية وشـبكات الخلايا العصبية، عمليات كيميائية حيوية تختفى بعد فترة زمنيـة طويلـة للغايـة وتحافظ على التبعية النفسية. وترى الفرضيات المقدمة لتفسير هـذه الظـواهر أن التنبيه المزمن للطرق المتعية قد يُعدّل التوازنات بين البروتينـات، التـى يـرتبط مفعولها على تعبير الجينات، بعملية تشكل الفوسفات فى الجسم الحيوانى الخـاص بها. قمنا، مع ف. نوبل **F.Nobel** بوضع الفرضية الخاصـة بـأن كميـة هـذه

البروتينيات المفسفرة وتنوعها يتخطى قدرة الأنزيمات "النازعة للفسفرة (فوسفاتازات phosphatases) فيما يخص استعادة التوازن الموجود من قبل"[3]. ومن المحتمل أيضا أن آثار الترسيخ فى الذاكرة يورط النظم المتعارضة 20. وهكذا يمكننا أن نبين أن التنشيط من خلال "أبيوئيدات" متأتية من الجهاز نفسه الخاص بالنظام المتعى على مستوى النواة "أكومبنس" يؤدى إلى تحرر الكوليستوكينين فى قرن آمون hippocampe، بنية معروفة جيدًا لدورها فى الذاكرة 21. إن القابلية للانجراح إزاء المخاطر الخاصة بالإدمان قد يمكنها الاعتماد عندئذ على ثابتتين إثنتين غير مستقلين .

- إمتناع هائج خاص بالذاكرة.
- تقدير مبالغ فيه للحساسية الخاصة بالمتعية التى يولّدها المنتج. يبقى فحص الأسباب الخاصة بالخلايا العصبية الحيوية لهذه الاختلافات. إن استخدام تقنيات جديدة منحدرة من الجينومينية)شُرَيحة إلكترونية "بوس"(قد تساعدنا فى هذه المهمة.

خطورة المخدرات

لقد رغبت وزارة الصحة (الفرنسية) فى أن تتضمن دراسة مشكلة خطورة المخدرات، المخدرات المباحة والمحظورة، وهو ما كان منطقيا مع رؤية النتائج الحديثة المُقدمة أعلاه.

ربما كانت هذه الدراسة المقارنة1 الأولى من نوعها التى تضم علماء بيولوجيا الأعصاب، وأطباء أمراض نفسية وعصبية وأطباء عيادات متخصصون فى المخدرات السامة. وقد استخدمت معايير دقيقة للغاية للمقارنة بين آثار المادة س (X) مقارنة بالمادة ص (Y)، ثم ع (Z) بالنسبة لـ ص(Y)... إلخ. وهكذا تم تحليل التعديلات الخاصة بالثوابت الحيوية، ومختلف الآثار الخاصة بعلم صناعة الدواء، سميات الخلايا العصبية، السميّات على نحو عام، الخطورة الخاصة بالتفاعل الفردى المتبادل، إلخ. نخلص أن كل مادة تتسم بمخاطر الإفراط فى

التعاطى لا تخلو تمامًا من الخطر، فكلها متعية، وكلها تنشط نظام اللذة، وبطبيعة الحال، كلها قادرة على أن تؤدى إلى آثار، إلى هذا الحد أو ذاك من الحدة، من التبعية الجسدية والنفسية. ورغم هذا هناك فروق مهمة بين المواد التى تمثل خطورة عند الإفراط فى استخدامها.

على نقيض ما يعتقد، فإن سمية الخلايا العصبية ضعيفة فى حالة الهيروين. يوجد بالفعل أشخاص تمت معالجتهم طوال ثلاثين عامًا فى الولايات المتحدة بالميتادون، وهى مادة بديلة للمورفين ولم يحدث تلف يخص الخلايا العصبية فيما بعد الوفاة فى أدمغتهم. إن الخطورة الاجتماعية قوية للغاية بالنسبة للهيروين، لكنها أيضا قوية بالنسبة للكحول. وهى قوية للغاية فى حالة الهيروين، ليس لأن الهيروين خطر فى حد ذاته، ولكن لأن البحث القسرى عن منتجه سيقود إلى مشاجرات، وسرقات، بل جرائم قتل للحصول على النقود اللازمة لشراء المخدر. وفى حالة الكحول، تعود الخطورة إلى أن المنتج يلغى الكبح. ولهذه الحقيقة يكون قادرًا على إظهار ميول عدوانية فى حالة السكر ("لقد احتسى خمرًا فاسدًا") أو تعبّر عن الاكتئاب ("خمره لا يبعث على البهجة")، الذى، فى الحالة الأولى، ينتهى بإظهار سلوك عنيف متكرر فى أغلب الأحيان.

إن استهلاك الـ **MDMA** أو الأفيونات المخلّقة فى ازدياد، لاسيما فى "حفلات الهذيان". وهو مرتبط غالبًا بالكحول أو بالمواد المُهلوِسة، مما يزيد من المخاطر. يرتبط الـ **MDMA** على نحو تفضيلى بحامل السيروتين، وأيضا بالدوبافين **DA**. ولهذه الحقيقة، فهو يدمّر من خلال ردود فعل كيميائية، الخلية العصبية التى تُثبَت عليها. لذا ليس من المستحيل على المدى البعيد حدوث فوضى تتعلق بتلف الخلايا العصبية، بسبب فقدان خلايا عصبية غير منعكسة 23. إن تحليل زمرة من المرضى استهلكوا لمدة عدة سنوات الـ **MDMA** وفحص أدمغتهم فيما يتعلق بالخلية العصبية الخاصة بالتخيّل، بمساعدة الأدوات المُعلّمة من المتوقع أن تسمح برؤية الفوضى التى تسببها المخدرات. لاشك أن الخطر الأكثر

إثارة للقلق هو الدخول الحاشد لتركيبات كيميائية بسيطة، مركّبة بسهولة، مما لا يسهل إصلاح مستودعات العقاقير السرية التى تُصنّع فيها. إنها حاليًا مشتقات من الأنفيتامين. يمكننا الخوف من امتداد الأمر إلى أدوية مطلوبة من أجل خصائصها المنشطة على المستوى النفسى وسيتم تعديلها كيميائيا مثلما هو الحال مع الأنفيتامينات amphétamines.

إن الكوكايين منبه نفسى أيضا تأتى خطورته الشديدة من حقيقة أنه يمكن استيعابه فى شكل قاعدة (كراك crack) من خلال الرئة، مما ييسر دخوله الضخم فى الدماغ حيث يسبب فوضى خطرة. كما أن الكوكايين يملك بالإضافة لذلك محيطًا سميا قويا، يمس القلب على نحو خاص.

فى فرنسا، يوجد حوالى 2 مليون شخص أسير للكحول 24. إن تسمم الخلايا العصبية بسبب الكحول معروف تمامًا ومخاطر الالتهاب الكبدى، والجهاز الدورى التى تولدها هذه المادة المستهلكة بإفراط هى أهم سبب للوفيات (٥٠٠٠٠/ سنويا بسبب هذه المادة). وبالتأكيد يصبح النبيذ أو كل المشروبات الكحولية مخدرات عندما تستهلك بإفراط. من يستطيع ادعاء العكس؟ هذا لايمنع من الاعتدال فى استهلاك النبيذ أو مشروبات كحولية أخرى طيبة، خصائصها التفخيمية معروفة جيدًا. لكن، على النقيض، هناك خطورة فى نشر رسائل تقلل من المآسى التى يسببها السُكر للسكير والمحيطين به.

ومجال القنب الهندى موضوع دائم للسجالات المتعارضة وللمقالات الصحفية المجلجلة. وهو بداهة مادة منشطة على المستوى النفسى تولد إحساسًا بالاسترخاء وباللذة وإلا ما كانت تستهلك بكمية كبيرة إلى هذا الحد. لقد وصفت عدة مقالات وتقارير... إلخ بالتفصيل، خصائص القنب الهندى[1] التى بعضها هو فضلا عن ذلك فيما يخص قدراته الكامنة مثيرة للاهتمام فى العلاج النفسى (مضاد للقيىء، منبه، فاتح للشهية، مسكّن للألم... إلخ). تهتم عدة شركات لصناعة الأدوية بهذه التطبيقات. ومخاطر التبعية الجسدية والنفسية موجودة لكن لا مجال لمقارنتها بتلك التى ينتجها الهيروين، والكوكايين، والكحول... إلخ. هذا لا يعنى أن القنب الهندى بلا خطورة. وهكذا، بالنسبة لأفراد مهيئين سلفًا، يمكن لأول

استهلاك مفرط للقنب الهندى (نجد أنواع من القنب الهندى تحتوى على أكثر من ٢٠-٢٥ % من الـ THC!) أن يؤدى إلى حلقات إحباط حاد أو أزمات حصر نفسي. نرى إذن أن مادة الـ THC ليست محايدة، لكنها ليست أيضا فى نفس خطورة الكوكايين، الكحول، والمنبهات النفسية...

يعود تحويل القنب الهندى إلى المخدرات المسماة شديدة (الهيروبين على سبيل المثال) إلى تشوش "تجار المخدرات" الذين يقترحون من الآن فصاعدًا مجموعة حقيقية من المخدرات من كل الأنواع، أكثر من كونها علاقات بين نظم الأبيوئيد والقنب الهندى- نوييد **cannabinoide**.

إن المتقبل **CBI** هو المتقبل للقنب الهندى- نوييد **cannabinoide**. والجرذان التى لا تملك هذا المتقبل تبدو أكثر قابلية للانجراح إزاء التخصيص الذاتى لحصة المورفين 25.

العلاج الدوائى للمدمنين

إن العلاج النفسى، الذى اعتبره المتخصصون فى التعامل مع المخدرات لفترة طويلة لا يفيد فى مساعدة المعتمدين على المخدرات من أجل الامتناع عنها، أصبح من الآن فصاعدًا من الوسائل التى يتزايد استخدامها. هذا يعود إلى النتائج التى تم الحصول عليها مع إحلال الهيروبين بالميثادون أو بيبرونورفين، وهما مأفينات مثل الهيروبين لكنهما، لأسباب تخص الوصول المحدود للدماغ أو التنشيط الأقل قوة لأهداف المخدرات، يسمحان بخروج بطىء لكنه أقل صعوبة، من التبعية. لنضف أن التخصيص من المادتين يُجنب، عدا الانحراف للبيبرونورفين، الطريق الخاص بالحقن فى الوريد ويقلل على هذا النحو مخاطر نقل عدوى خطرة عديدة، الحموية (الإيدز، الالتهاب الكبدى بفيروس سى) أو البكتيرية.

تزايد اهتمام الصناعات الدوائية بالمعالجات التى تُسهّل الامتناع لدى مدمنى السجائر أو الكحول. وفى جميع الحالات، وحده الجمع بين المعالجة الكيميائية وأساليب علاجية نفسية مختلفة، يؤدى إلى نتائج إيجابية فعلا.

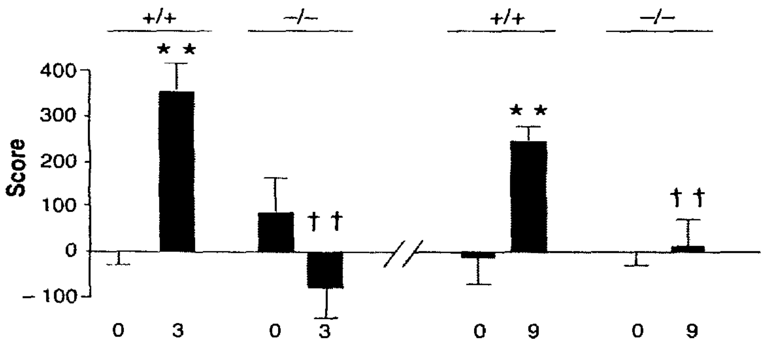
سيتمثل التحدى الحقيقى فى اكتشاف الوسيلة القادرة على إيقاف البحث

القهرى عن المخدرات والأهم أيضا، آثاره الخاصة بالوضام. تم تسجيل بعض التقدم على نماذج حيوانات مع مادة تحافظ على إجمالى متوسط من الدوبامين فى النواة أكومبنس 26 أو مع المواد التى تحمى الإنكيفالين الداخلى من عملية التعطيل الخاصة بالأنزيم 27. يبقى إثبات إمكانية نقل ذلك إلى الإنسان.

هناك تناول آخر مثير للاهتمام لكن تطبيقاته تبدو محدودة للغاية، ويتمثل فى استخدام أجسام مضادة موجهة ضد المادة المسببة للإدمان (الهيروبين، الكوكايين... إلخ). إن تثبيت المخدرات على الجزئيات الصغيرة الخاصة بالأجسام المضادة يمنعها من اختراق المخ (**شكل رقم ٥**)، فتقع فى الفخ. ويمكننا فضلا عن ذلك تضليل النظام باستخدام أجسام مضادة تدمره، بعد تثبيت المخدر (أجسام مضادة حفازة). ويتزايد مستقبل أساليب العلاج بالوهم فى حالة الجرعات المفرطة أو فى المجال الوقائى، وهناك تجارب معملية مستمرة فى هذا المجال.

خاتمة

فى يونيو ١٩٩٨، قررت الحكومة توسيع مهام الـ **MILD**(البعثة المتعددة الوزارت لمكافحة المخدرات وإدمان المخدرات السامة) لتتولى آثار استهلاك المخدرات المباحة (التبغ، والكحول) على كافة المستويات. لا يسعنا سوى تهنئة أنفسنا بهذا القرار.



شكل رقم ٥

إلغاء أثر المتعة التى حرضها المورفين المزمن لدى الجرذان

المعدّلة وراثيا ولم تعد تملك المتقبل D2 في الدوبامين (الجرذ-/-).
جرذان تم السيطرة عليها (+/+) وبدون المتقبل D2 يتم دراستها من خلال اختبار أفضلية المكان (انظر الشكل رقم ٢)، بعد معالجة مزمنة بالمورفين. عند السيطرة (٣ أو ٩ مج/كجم) يحث المخدر على تفضيل الأقسام التى تحصّل فيها على المنتج، بينما يختفى هذ التفضيل لدى الجرذان (-/-). هذا يبين بوضوح أهمية الطريق الخاص بالطاقة الدوبامينرجية.

لنأمل أن تعالج هذه المشاكل ١,٢٤ التوصيات الكثيرة الواردة فى التقارير المختلفة، وأن يتبعها مردود. هناك الكثير لعمله فى هذا المجال وأيضا كثير من الممتلكات المؤسساتية أو العلمية (لكل مخدره السام!) التى ينبغى تحطيمها حتى يمكن لتناول مستعرض لمشكلة المخدرات السامة من رؤية النور.

لقد اختفت إحدى المحرمات، وفهم الفرنسيون تمامًا أن ضم المخدرات المباحة والمحظورة لا يشمل الإدانة العمياء لاستهلاك هذه المواد، بما فيها، بطبيعة الحال، النبيذ العزيز علينا للغاية فى بلادنا. لنأمل أنه بعد الموافقة على تحطيم هذا التابو، سيستمع الفرنسيون لرسائل التحذير الشائعة مع التذكر أنه مع احترام مبادئ الحرية والتضامن، أى الانفتاح على الآخرين الذين نتمسك به كثيرًا، يكون من المفضل أن نقرنه بالمبدأ العزيز على ج. ب. سارتر J. P. Sartre عن المسئولية الفردية.

شكر

أود أن أوجه جزيل الشكر لكريستين دوبى **Christine Dupuis** للمساعدة القيّمة للغاية التى أولتنى إياها خلال إعداد هذا المخطوط.

المراجع:

1. ROQUES (B.-P.), *La Dangerosité des drogues*, Rapport au secrétariat d'État à la Santé, Odile Jacob, 1999.
2. Drogues et toxicomanies, indicateurs et tendances, Observatoire français des drogues et des toxicomanies, OFDT, 1999.
3. ROQUES (B.-P.), NOBLE (F.), « Association of enkephalin catabolism inhibitors and CCK-B antagonists, A potential use in the management of pain and opioid addiction », *Neurochem. Res.*, n° 21, 1996, p. 1395-1409.
4. KÖNIG (M.), ZIMMER (A.-M.), STEINER (H.), HOLMES (P.V.), CRAWLEY (J.-N.), BROWNSTEIN (M.-J.), ZIMMER (A.), « Pain responses, anxiety and aggression in mice deficient in pre-proenkephalin », *Nature*, n° 383, 1996, p. 535-538.
5. ROQUES (B.-P.), NOBLE (F.), DAUGÉ (V.), FOURNIÉ-ZALUSKI (M.-C.), BEAUMONT (A.), « Neutral endopeptidase 24.11. Structure, inhibition, and experimental and clinical pharmacology », *Pharmacol. Rev.*, n° 45, 1993, p. 87-146.
6. OLDS (J.), « Self stimulation of the brain », *Science*, n° 127, 1958, p. 315-324.
7. DI CHIARA (G.), « Drug addiction as dopamine-dependent associative leaving disorder », *Eur. J. Pharmacol.*, n° 375, 1999, p. 13-30.
8. DWORKIN (S.-I.), GOEDERS (N.-E.), SMITH (J.-E.), « The reinforcing and rate effects of intracranial dopamine administration », *in Problems of Drug Dependence* (Harris L.S., ed.), *NIDA Res. Monograph.*, 1986, p. 242-248.

9. George (S.-R.), Fan (T.), Ng (G.-Y.), Jung (S.-Y.), O'Dowd (B.-F.), Naranjo (C.-A.), « Low endogenous dopamine function in brain predisposes to high alcohol preference and consumption: Reversal by increasing synaptic dopamine », *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, n° 273, 1995, p. 373-379.
10. Picciotto (M.-R.), Zoli (M.), Rimondini (R.), Léna (C.), Marubio (L.-M.), Pich (E.-M.), Fuxe (K.), Changeux (J.-P.), « Acetylcholine receptors containing the β2 subunit are involved in the reinforcing properties of nicotine », *Nature*, n° 391, 1998, p. 173-177.
11. Matthes (H.-W.-D.), Maldonado (R.), Somonin (F.), Valverde (O.), Slowe (S.), Kitchen (I.), Befort (K.), Dierich (A.), Le Meur (M.), Dollé (P.), Tzavara (E.), Hanoune (J.), Roques (B.-P.), Kieffer (B.-L.), « Loss of morphine-induced analgesia, reward effect and withdrawal symptoms in mice lacking the μ-opioid receptor gene », *Nature*, n° 383, 1996, p. 819-823.
12. Maldonado (R.), Saiardi (A.), Valverde (O.), Samad (T.-A.), Roques (B.-P.), Borrelli (E.), « Absence of opiate rewarding effects in mice lacking dopamine D2 receptors », *Nature*, n° 388, 1997, p. 586-589.
13. Phillips (T.-J.), Brown (K.-J.), Burkhart-Kasch (S.), Wenger (C.-D.), Kelly (M.-A.), Rubinstein (M.), Grandy (D.-K.), Low (M.-J.), « Alcohol preference and sensitivity are markely reduced in mice lacking dopamine D2 receptors », *Nature Neurosci.*, n° 7, 1998, p. 610-615.
14. Kendler (K.), Prescott (C.), « Cocaine use, abuse and dependence in a population based sample of female twins », *British J. Psychiatry*, n° 55, 1998, p. 967-972.
15. Dellu (F.), Piazza (P.-V.), Mayo (W.), Le Moal (M.), Simon (H.), « Novelty seeking in rats. Biobehavioral characteristics and possible relationship with the sensation-seeking trait in man », *Neuropsychopharmacology*, n° 34, 1996, p. 145-154.
16. Koob (G.-F.), Le Moal (M.), « Drug abuse : Hedonic homeostatic dysregulation », *Science*, n° 278, 1997, p. 52-58.
17. Wise (R.-A.), Bozarth (M.-A.), « A psychomotor stimulant theory of addiction », *Psychol. Rev.*, n° 94, 1987, p. 469-492.
18. Schultz (W.), Dayan (P.), Montagne (R.), « A neural substrate of prediction and reward », *Science*, n° 275, 1997, p. 1593-1599.
19. Spanagel (R.), Weiss (F.), « The dopamine hypothesis of reward : pust and current status », *TIPS*, n° 22, 1999, p. 521-527.
20. Solomon (R.-L.), « The oppoment process theory of acquired motivation », *Am. Psychol.*, n° 35, 1980, p. 691-712.
21. Sebret (A.), Crété (D.), Léna (I.), Matsui (T.), Roques (B.-P.), Daugé (V.), « Rat hippocampal neurons are critically involved in physiological improvement of memory processes induced by cholecystokinin-B receptor stimulation », *J. Neurosci.*, n° 19, 1999, p. 7230-7237.
22. *Ecstasy. Des données biologiques et cliniques aux contextes d'usage*, Expertise Collective INSERM — Paris INSERM, 1998.
23. McCann (U.-D.), Szabo (Z.), Scheffel (U.), Dannals (R.-E.), Ricaurte (G.-A.), « Positron emission tomographic evidence of toxic effect of MDMA ("ecstasy") on brain serotonin neurons in human beings », *Lancet*, n° 352, 1998, p. 1433-1437.
24. Reynaud (M.), Parquet (P.-J.), *Les personnes en difficulté avec l'alcool, usage nocif et dépendances : Propositions*, Vanves, CFES, 1998.
25. Ledent (C.), Valverde (O.), Cossu (G.), Petitet (F.), Aubert (J.-F.), Beslot (F.), Böhme (A.), Imperato (A), Pedrazzini (T.), Roques (B.-P.), Vassart (G.), Fratta (W.), Parmentier (M.), « Unresponsiveness to

cannabinoids and reduced addictive effects of opiates in CB1 receptor knockout mice », *Science*, n° 283, 1999, p. 401-404.
26. PILLA (M.), PERACHON (S.), SAUTEL (F.), GARRIDOL (F.), MANN (A.), WERMUTH (C.-G.), SCHWARTZ (J.-C.), EVERITT (B.-J.), SOKOLOFF (P.), « Selective inhibition of cocaine-seeking behaviour by a partial dopamine D3 receptor agonist », *Nature*, n° 400, 1999, p. 371-375.
27. RUIZ-GAYO (R.), FOURNIÉ-ZALUSKI (M.-C.), ROQUES (B.-P.), MALDONADO (R.), « Similar decrease in spontaneous morphine abstinence by methadone and RB 101, an inhibitor of enkephalin catabolism », *British J. Pharmacol.*, n° 119, 1999, p. 174-182.

المؤلفون

فيليب أشر: أستاذ بجامعة بيير ومارى كورى باريس ٦، ومدير مختبر البيولوجيا العصبية neurobiologie بالمدرسة العليا للعلوم والآداب، وهو عضو بمعهد فرنسا الجامعى.

إتيان-إميل بوليو: أستاذ بالكوليج دو فرانس (كرسى الأستاذية فى أسس ومبادئ التوالد البشرى)، ومدير الوحدة ٤٨٨ (الخاصة بالاستيرويدات stéroïdes والجهاز العصبى) بالمعهد القومى للصحة والبحث الطبى INSERM.

آلان برتوز: أستاذ فى فسيولوجيا الإدراك والفعل بالكوليبج دو فرانس، ومدير مختبر فسيولوجيا الإدراك والفعل. وهو عضو بأكاديمية العلوم.

بيير بواتار: مهندس زراعى ومدير أبحاث بالـINRA (المعهد القومى للأبحاث الزراعية)، وبمختبر البيولوجيا الجزيئية الخاصة بالعلاقات المجهرية بين النباتات والكائنات العضوية.

آلان ميشيل بوديه: أستاذ كرسى بجامعة بول-ساباتييه (تولوز ٣)، ومدير بالمعهد الاتحادى للأبحاث الخاصة ب"الإشارات الخلوية والتقنية الحيوية النباتية". وهو عضو بأكاديمية العلوم وبمعهد فرنسا الجامعى.

جاك بوفراس: أستاذ بالكوليج دو فرانس (كرسى الأستاذية فى فلسفة اللغة والمعرفة).

أندريه براك: مدير أبحاث بمركز البيوفيزياء الجزيئية بأورليان (المركز القومى للبحث العلمى CNRS).

بيير كارتييه: حاصل على الدكتوراه فى العلوم الرياضية وأستاذ بالمدرسة العليا للعلوم والآداب.

جون-بيير شونجو: أستاذ بالكوليج دو فرانس (كرسى الأستاذية فى الاتصالات الخلوية) ويدير مختبر البيولوجيا العصبية الجزيئية بمعهد باستور.

برنار شوفاسو-أو-لويس: هو رئيس الوكالة الفرنسية للأمن الصحى الغذائى (AFSSA) ومدير أبحاث بالـINRA (المعهد القومى للأبحاث الزراعية).

كلودين كوهين: أستاذة وباحثة بمدرسة الدراسات العليا فى العلوم الاجتماعية، حيث تدير بالتعاون مع هنرى أتلان، برنامج الأبحاث الذى أسسته والخاص ب "البيولوجيا والمجتمع".

كلود كومب: أستاذ بجامعة بربينيان فى البيولوجيا الحيوانية ومدير مركز البيولوجيا والبيئة الاستوائية والمتوسطية.

فانسان كورتييو: أستاذ فى الجيوفيزياء بجامعة باريس ٧-دونى ديدرو، ومدير أبحاث بوزارة التعليم الوطنى والبحث والتكنولوجيا.

أنطوان دانشان: مدير أبحاث بالمركز القومى للبحث العلمى CNRS، ورئيس وحدة تنظيم السمات الوراثية ، وأستاذ بمعهد باستور، قسم البيولوجيا الوراثية الجزيئية.

جون ديناربيه: مدير أبحاث بمختبر البيولوجيا الجزيئية العلاقات المجهرية بين النباتات والكائنات العضويةCNRS-INRA.

برنار دوتريو: يدير الوحدة المختلطة للبحث بالـ CNRS ، والخاصة ب"البنية الكروموزومية وطفرتها" بمعهد كورى، وهو مسئول عن قسم البيولوجيا الإشعاعية وعلم الأمراض الإشعاعى بإدارة علوم الأحياء بوكالة الطاقة الذرية (CEA).

آن فاجو-لارجو: عضوة بمعهد فرنسا الجامعى، وأستاذة بجامعة باريس ١ بانثيون السوربون. وهى طبيبة متخصصة تعمل كملحقة فى مصلحة المساعدة العامة لمدينة باريس (كريتيى، مستشفى هنرى موندور، طب نفسى)، وهى مديرة معهد تاريخ وفلسفة العلوم والتقنيات.

رينيه فريدمان: أستاذ بجامعة باريس ٥ رينيه ديكارت، رئيس قسم أمراض النساء والتوليد بمستشفى أنطوان-بيكلير بكلامار.

جون جايون: أستاذ بجامعة باريس ٧-دوني-ديدرو (كرسي الأستاذية في الإبستيمولوجيا وتاريخ علوم الحياة والصحة).

جيل جاستون جرانجيه: أستاذ بالكوليج دو فرانس.

جيلبير أوتوا: أستاذ بالجامعة الحرة ببروكسل، ومدير مشارك لـ"مركز الأبحاث المتعدد التخصصات في الـ CRIB بجامعة بروكسيل.

أوليفييه أوديه: أستاذ في علم النفس المعرفي بمعهد علم النفس (جامعة باريس ٥)، ومدير مختبر "الإدراك والاتصال" بالـ CNRS.

لويس-ماري هودبين: مسئول وحدة التشكّل الخلوي différenciation بالـINRA، بمختبر البيولوجيا الخلوية والجزيئية.

فرانسوا جاكوب: أستاذ بالكوليج دو فرانس وبمعهد باستور. حصل في عام ١٩٦٥ على جائزة نوبل في الفسيولوجيا أو الطب (تقاسم الجائزة مع أندريه لووف وجاك مونو) كما حصل على وسامي Compagnon de la Libération و Grand-croix de la Légion d'honneur

مارك جانورو: أستاذ بجامعة كلود-برنار بليون، ومدير معهد العلوم المعرفية بالـ CNRS.

سيلفي جوسوم: مديرة أبحاث بالـCNRS ومديرة مساعدة بمختبر علوم الطقس والبيئة بالـCEA.

رولان جوفون: طبيب محلل نفسي. ويدير وحدة "الشخصية والسلوكيات التكيّفية" بالـCNRS.

ميشيل جوفيه: أستاذ متقاعد، ومدير قسم الطب التجريبي (كلية الطب، جامعة كلود برنار بليون). وهو عضو بأكاديمية العلوم.

أكسيل كهن: مدير مختبر الأبحاث الخاصة بالفسيولوجيا و الأمراض الوراثية والجزيئية بالـINSERM.

بيير كارلى: أستاذ متقاعد بكلية الطب بستراسبورج ١–لويس باستور.

أندريه لانجانيه: عالم وراثى ومدير مختبر الأنثروبولوجيا البيولوجية بمتحف الإنسان (Musée de l'Homme) (المتحف القومى للتاريخ الطبيعى) وأستاذ بجامعة جينيف.

برنار مازوييه: أستاذ فى العلوم الإشعاعية الطبية والتصوير الطبى بكلية الطب بكآن Caen، وهو المدير العلمى للـ GIP Cyceron، ومدير مجموعة التصوير الوظائفى العصبى (بالـ CEA وجامعة كآن).

دانيال متزجير: مدير أبحاث بالـ CNRS بمعهد علم الوراثة والبيولوجيا الجزيئية والخلوية.

جون كلود مونولو: أستاذ بجامعة باريس–سود (كرسى الأستاذية فى البيولوجيا العامة). وهو متخصص فى علم الوراثة الجزيئى الخاص بالعلاقات النووية الميتوكوندريالية nucléo-mitochondriales

دانيال باروكيا: أستاذ فى منطق العلوم ومنهجيتها بجامعة بول فاليرى مونتبيلييه ٣.

آلان بروكيانتز: أستاذ بالمدرسة العليا للعلوم والآداب ومدير أبحاث بالـCNRS.

جون–بول رينار: مهندس زراعى، ومدير أبحاث بالـINRA وأستاذ استشارى بالمعهد القومى الزراعى باريس–جرينيون.

برنار روك: أستاذ بجامعة باريس ٥ (وحدة العلوم الصيدلانية والبيولوجية) ومدير مختبر كيمياء الصيدلة الجزيئية والبنيوية INSERM-CNRS. وهو عضو فى أكاديمية العلوم.

سيرج ستوليرو: محلل نفسانى وحاصل على دكتوراه فى علم النفس. وهو مسئول عن الأبحاث الخاصة بالسلوكيات الجنسية بالوحدة ٤٨٣ بالـINSERM.

جون فايسنباخ: مدير أبحاث بالـCNRS ومدير عام بمركز الـGénoscope القومى للتسلسل الجينى centre national de séquençage. وهو عضو بأكاديمية العلوم.

التصحيح اللغوى : عبد الوهاب الصاوى

الإشراف الفنى : حسن كامل

ما الحياة ؟

جامعة كل المعارف

إشراف : إيف ميشو

الجزء الأول

ما أحوجنا ونحن فى مستهل القرن الحادى والعشرين إلى اكتساب المعرفة العلمية ، سواء فى مجال الإنسانيات أو فى مجال العلوم الطبيعية . فالمعرفة العلمية لا يجب أن تقتصر على العلماء والمتخصصين ، بل ينبغى أن يتسع نطاقها ليشمل كل فرد فى مجتمعاتنا العربية . وإذا كان على العلماء التعمق كل فى تخصصه ، ينبغى أن تنتشر المعارف العلمية العامة - دون تبسيطها على نحو مُخل - بحيث تصبح أداة منهاجية تقود خطانا نحو المستقبل المأمول .

وفى هذا السياق ، وعلى ضوء أهداف المشروع القومى للترجمة التى تتمثل أساسًا فى تحقيق التوازن بين المعارف الإنسانية فى المجالات العلمية والفنية والإبداعية ، فضلاً عن بناء ودعم الجسور الثقافية بين مصر والعالم ، تأتى ترجمة موسوعة "جامعة كل المعارف" فى إطار التعاون مع قسم الترجمة بالمركز الفرنسى للثقافة والتعاون فى مصر .

جابر عصفور

تنفيذ غلاف الطبعة العربية : عمرو الكفراوى

تصميم الغلاف :